

Construcția aeronavelor cu metamorfoza 3D a formei aripilor

ANDRIOAIE Daniela,FRIGIOESCU Tiberius Florian,TUDOR Ana Maria

**Conducatori științifici: Conf. Dr. Ing. Vasile MOGA
S.L. Dr. Ing. Marius DUMITRAS**

Rezumat:In proiect este prezentata structura morphing pe baza de nitinol si actuatori piezoelectrice.La inceput se gasesc informatii despre scopul aripii si structura acesteia,respectiv suprafetele de control ale aripii(flaps,eleron,etc).In urmatoarea parte se prezinta fortele ce apar asupra avionului(greutate,rezistenta la inaintare,portanta si forta de propulsie) precum si fortele asupra aripii.In continuare sunt prezentate materialele actuale folosite in industria aeronautica.Dupa acestea,se prezinta conceptul de morphing si cateva proiecte realizate de morphing.Introducerea in morphing este continuata de conceptul prezentat si anume conceptul de morphing pe baza de nitinol si actuatori piezoelectrice.La final se gaseste concluzia despre structura morphing si bibliografia din care au fost culese informatiile necesare acestui proiect.

1. INTRODUCERE

Structura morphing este o idee de a realiza o aripa care isi poate schimba forma in functie de misiune sau de conditiile de zbor.Aceasta structura este capabila sa preia forma oricarui tip de aripa actual,respectiv proprietatile acestora.

2. STADIUL ACTUAL

De-a lungul timpului s-au realizat diferite tipuri si concept de aripi morphing fiecare avand avantajele si dezavantajele sale.La inceput,datorita lipsei de tehnologie,aripile morphing erau realizate destul de slab din punct de vedere tehnic si au fost practic abandonate.In zilele noastre,acest concept de morphing este considerat un concept de viitor si tehnologia actuale incepe sa ne permita sa realizam o structura morphing capabila de a indeplini adevaratele functii ale unei structuri morphing.

1. ARIPA

Aripa este proiectată să genereze portanța, motiv pentru care este expusă la sarcini mari în zbor, care depășesc cu mult greutatea avionului. În general, aripa are unul sau mai multe lonjeroane care se prind de fuzelaj și care se prelungesc până la vârful aripii. Lonjeroanele preiau majoritatea eforturilor din aripă.

În general aripa poate fi dreaptă la avioanele clasice, subsonice, în săgeată la avioanele cu motoare ce dezvoltă o viteză egală cu cea a sunetului, delta la avioanele ce depășesc viteza sunetului și cu geometrie variabilă.

3.1.Elementele constructive ale unei aripi de avion conventional

Elementele constructive sunt: lonjeroanele, lisele, nervurile, panourile de înveliș și alte piese componente, de rigidizare (ex: montanți) folosite pentru transmiterea eforturilor între aripă și fuzelaj sau între tronsoanele aripii.

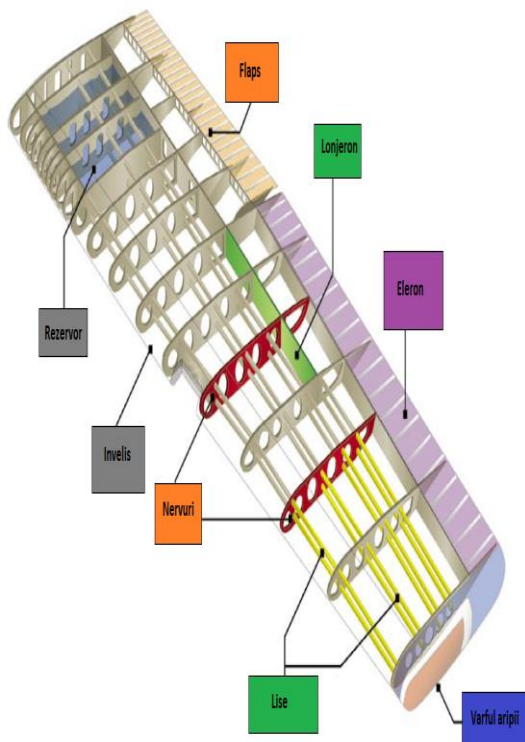


Fig.1.Aripa

3.1.1 Lonjeroanele

Lonjeroanele sunt elemente de rigidizare așezate de-a lungul aripii, care preiau cea mai mare parte din forțele și momentele ce acționează asupra acesteia. Au aspectul unei grinzi consolidate alcătuite din tălpi (profile corniere) și inimă (platbandă), îmbinate între ele cu nituri. Sunt realizate de regulă din materiale rezistente la încovoiere și răsucire: duraluminiu, titan, oțeluri speciale.

3.1.2 Nervurile

Nervurile sunt elemente de rigidizare transversală a aripii, montate de obicei perpendicular pe bordul de atac al aripii. Nervurile au rolul de a păstra forma aripii și de a transmite solicitările aerodinamice la lonjeroane și lise. Pot fi nervuri simple sau nervuri de forță, acestea din urmă având rolul suplimentar de a prelua forțele concentrate datorate diverselor echipamente și instalații acroșate de aripă.

3.1.3 Lisele

Lisele sunt elemente de rigidizare montate în lungul aripii cu rolul de a prelua solicitările axiale datorate încovoierii aripii. Ele trebuie să fie rezistente la întindere și compresiune și măresc rezistența învelișului la deformare. Sunt obținute tehnologic prin extrudare sau îndoire și sunt alcătuite din duraluminiu, aliaje pe bază de titan sau oțel inoxidabil.

3.1.4 Învelișul aripii

Învelișul aripii are rolul de a menține forma sa și este realizat din tablă de duraluminiu sau aliaje pe bază de titan, magneziu etc. Învelișul este solicitat la eforturi de încovoiere și răsucire. Ele sunt prinse de celelalte elemente prin nituri. Dacă distanța dintre lise este mică, pentru rigidizarea învelișului se folosește tablă ondulată. Îmbinarea tablei ondulate cu învelișul se poate face prin metoda sudurii, nu prin nituire. Dacă aripa are grosime mică, învelișul se poate realiza prin panouri monolit. Construcția unei astfel de aripi se realizează prin îmbinarea panourilor dintr-o singură bucată. La aripile cu grosime foarte mică, spațiul interior nu mai

cuprinde elemente de rigidizare, ci este umplut cu structură de tip fagure sau cu alt material compozit, rezultând o structură compactă, cu rezistență mecanică mare.

3.2 Suprafete de control pe aripa

3.2.1 Flapsul

Aripile au secțiuni rotitoare aditionate, numite flapsuri. Acestea se lasă doar în jos (nu pot fi folosite pentru a direcționa fluxul de aer și în sus), de obicei cu maximum 40° , și sunt utilizate pentru a mari forța ascensională creată de aripa la decolare și a încetini aeronava la aterizare.

Flapsurile sunt de obicei montate pe marginea din spate (posteroară) a aripii unei aeronave cu aripa fixă. Flapsurile sunt folosite pentru a scădea viteza minimă la care aeronava poate să zboare în condiții de siguranță, și pentru a crește unghiul de coborâre pentru aterizare. Flapsurile cauzează de asemenea o creștere a rezistenței la înaintare, așa că sunt retractate atunci când nu e nevoie de acestea. Extinderea flapsurilor crește curbura aripii, crescând coeficientul maxim de portanță sau limita de sus a portanței pe care aripa o poate genera. Asta permite aeronavei să genereze portanță necesară la viteza mică, reducând viteza la care avionul ar cădea și viteza minimă la care avionul va menține zborul în condiții de siguranță. Creșterea curburii crește de asemenea rezistența la înaintare a aripii, fapt ce poate fi benefic în timpul pregătirii de aterizare și al aterizării, pentru că încetinește aeronava. La unele aeronave, un efect colateral folositor al extinderii flapsurilor este scăderea unghiului de înclinare, care coboară botul și asadar îmbunătățește modul în care pilotul vede pista pe deasupra botului la aterizare. Totuși flapsurile pot de asemenea să crească unghiul de înclinare în funcție de tipul lor și locația pe aripa.

În funcție de tipul aeronavei, flapsul poate fi parțial extins pentru decolare. Când îl utilizăm în timpul decolării acesta scade distanța de rulare pe sol și crește rata de rulare.

În cazul în care flapsul este complet extins, acesta permite aeronavei să aibă o viteză de aterizare mică precum și aterizarea pe o distanță mică.

3.2.2 Eleronul

Un eleron este o suprafață de control al zborului articulată de obicei formând o parte a marginii din spate a fiecărei aripi pe o aeronavă cu aripa fixă. Eleroanele sunt folosite în perechi pentru a controla aeronava în roll (adică mișcarea aeronavei pe axa sa longitudinală), care de obicei rezultă în schimbarea traiectoriei de zbor datorată înclinării vectorului de portanță). Mișcarea pe această axă se numește rolling sau înclinare.

3.2.3 *Voleturile* de la bordul de atac al aripilor sunt utilizate la decolare și la aterizare pentru a produce forță suplimentară.

3.2.4 *Spoilerele* sunt utilizate și ele pentru a încetini aeronava la aterizare și pentru a neutraliza efectul flapsurilor când avionul este pe sol.

3.2.5 *Wingleturile* (aripioare) sunt structuri plasate la extremitățile aripilor avioanelor, care au rolul de a spori calitățile aerodinamice ale acestora și de a reduce consumul de combustibil la avioanele de pasageri. Formele și unghiurile acestor extremități joacă un rol important în aerodinamica aripilor, având funcția de a diminua valoarea rezistenței induse, datorată desprinderii fileurilor de aer sub forma unor vârtejuri la capetele aripilor.

4. FORTE CE ACTIONEAZA ASUPRA AVIONULUI

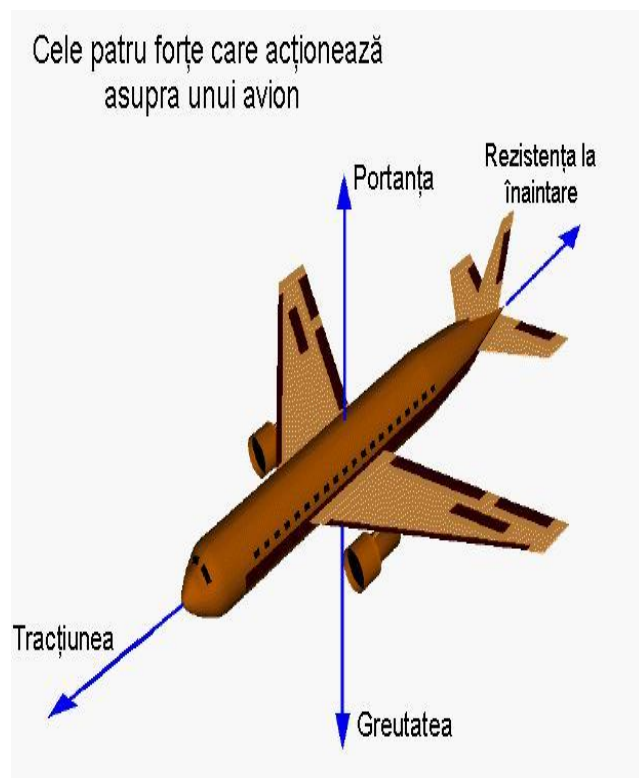


Fig.2. Forțe asupra avionului

4.1 Greutatea

Greutatea este o forță orientată întotdeauna spre centrul pământului. Ea este direct proporțională cu masa avionului și depinde de încărcarea sa. Deși este distribuită asupra întregului aparat, ne putem imagina că ea este colectată și acționează asupra unui singur punct, numit centrul de greutate. În zbor, deși aeronava se rotește în jurul centrului de greutate, orientarea greutății rămâne tot spre centrul pământului. În timpul zborului greutatea scade constant datorită consumării combustibilului din rezervoare. Distribuția greutății și centrul de greutate se pot și ele schimba, de aceea pilotul trebuie să ajusteze constant comenzile pentru a ține avionul în echilibru.

4.2 Tracțiunea

Tracțiunea este asigurată de sistemul de propulsie. Valoarea tracțiunii depinde de mai mulți factori asociați sistemului de propulsie: tipul motorului, numărul de motoare, comanda

motorului, viteza și înălțimea de zbor. În figura alăturată, cele două motoare ale avionului sunt dispuse sub aripi și orientate paralel cu fuzelajul, deci tracțiunea va acționa pe linia central longitudinală a fuzelajului. La unele avioane (de exemplu Hawker-Siddeley) direcția tracțiunii poate varia în funcție de evoluția pe care o execută. De exemplu la decolare ea este orientată la un anumit unghi față de axa longitudinală a avionului, pentru a "ajuta" avionul să decoleze. Însă, la avioanele turboreactoare, deși gazele de ardere sunt evacuate în sens opus sensului de zbor, acest lucru face ca avionul să fie "împins" înainte, pe principiul acțiune - reacțiune descrisă de Newton: oricărei forțe de acțiune i se opune o forță egală și de sens contrar, numită reacțiune.

4.3 Rezistența la înaintare

Rezistența la înaintare (la mișcare) este forța aerodinamică care se opune oricărui corp ce se deplasează într-un fluid. Mărimea acestei forțe este influențată de mai mulți factori: forma aeronavei, densitatea și compoziția aerului, viteza. Direcția acestei forțe este întotdeauna opusă direcției de zbor și putem considera că ea "se concentrează" într-un singur punct numit centrul de presiune.

4.4 Portanța

Portanța este forța care ține avionul în aer și trebuie înțeleasă în raport cu celelalte trei. Ea poate fi generată de orice parte a aeronavei, dar la un avion obișnuit portanța este datorată în special aripii și în particular formei specifice în secțiune a aripii. Portanța este o forță aerodinamică datorată "tregerii" unui obiect printr-un fluid. Ea acționează asupra centrului de presiune și este definită ca fiind perpendiculară pe direcția de curgere a fluidului.

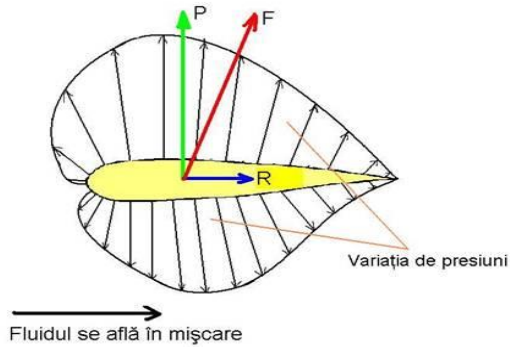


Fig.3.Profil aerodinamic

5. FORTELE ASUPRA ARIPII

5.1 Forțele de torsiune tind să răsucească structura aripii sub un unghi, acționând în sus dinspre bordul de atac și în jos dinspre bordul de fuga, creând eforturi și tensiuni suplimentare.

Atunci când stoarcem sau răsucim un lucru, îl supunem unei forțe de torsiune. Forțele de torsiune asupra aripii produc o compresiune în centru și o forță de forfecare de-a lungul acesteia.

Forțele responsabile de cauzarea torsiunii produc un moment de răsucire.

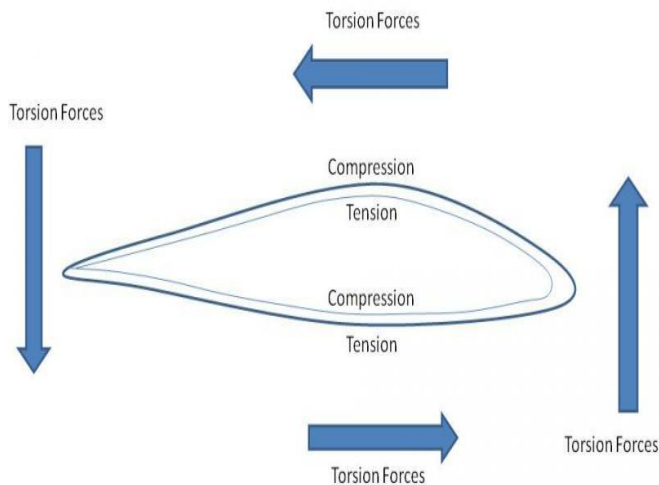


Fig.4.Forte asupra aripii

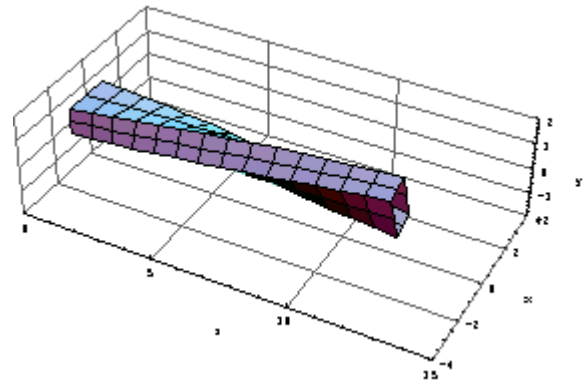


Fig.5.Torsiunea

5.2 Compresiunea

Dacă forțele care acționează asupra unei aripi, sunt una spre cealaltă astfel încât supun materialul la răsuciri și torsiuni repetate, cu o tendință de a micșora structura, efortul se numește compresiune. Compresiunea este opusul tensiunii. Dacă tensiunea este asociată cu mișcarea de a trage, compresiunea este asociată cu mișcarea de a împinge. Compresiunea reprezintă rezistența de a se opune strivirii, răsucirii, și este produsă de două forțe care împing una spre cealaltă pe aceeași direcție suport.



Fig.6.Compresiunea

5.3 Tensiunea

După cum am precizat, tensiunea este asociată cu mișcarea de a trage. Reprezintă forța de întindere a unui obiect sau de tragere a acestuia până la a atinge limitele.



Tensiunea este astfel rezistentă la tragere sau la întindere, produsă de 2 forțe care acționează în direcții opuse de-a lungul aceleiași direcții suport.

5.4 Forța de forfecare

A tăia o foaie de hârtie cu o foarfecă reprezintă un exemplu de forță de forfecare. Forfecarea asupra aripii unui avion reprezintă forța exercitată când 2 piese dintr-un material fixat, tind să se disloce. Forfecarea este rezultatul dislocării unei părți de cealaltă în direcții diferite. De asemenea, este o forță care tinde să separe o față a unui material peste o față adiacentă. Niturile și buloanele suportă astfel de forțe și tensiuni.

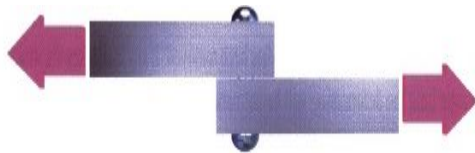


Fig.7. Forța de forfecare

5.5 Forța de încovoiere

Este o combinație între tensiune și compresiune. Să considerăm îndoirea unui obiect precum un tub. Porțiunea exterioară se întinde, suportând tensiune și porțiunea interioară se strânge, suportând compresiune. În zbor, lonjeroanele unei aripi sunt supuse forțelor de încovoiere.

Când aeronava este pe sol, există o forță de încovoiere asupra fuselajului. Această forță intervine datorită greutății proprii a aeronavei. Îndoirea este mai mare atunci când aeronava aterizează pe un portavion. Această forță de încovoiere creează o tensiune pe intradosul aripii și o compresiune pe extradados. De asemenea, chiar și în timpul zborului la orizontală apar aceste forțe datorită reacțiunii aerului asupra aripii. Când aeronava este în zbor, portanța acționează în sus împotriva aripilor, având

tendința de a încovoia spre în sus. Aripile sunt prevenite de pliere/rabatire printr-o structură rezistentă a aripii. Forța de încovoiere creează o tensiune la bordul de fugă și o compresiune la bordul de atac.

Forța de încovoiere presupune 3 sarcini:

1. Tensiune când intradosul este supus întinderii
2. Compresiune când un punct al extradadosului se strânge către alt punct al extradadosului
3. Forța de forfecare de-a lungul structurii când forțele încearcă să disloce suprafețele

5.6 Deformarea

Când o forță externă de o mărime suficientă, acționează asupra unei structuri, dimensiunile structurale se schimbă. Această schimbare se numește deformare și reprezintă raportul dintre variația lungimii și lungimea inițială și reprezintă o măsură a deformației oricărei structuri cu greutate.

5.7 Voalarea

Voalarea acționează asupra materialelor din foi subțiri când sunt supuse unor sarcini finite și la legături când sunt supuse forțelor de compresiune

Componentele aeronavei sunt supuse sarcinilor și acestea tind să alungească, comprime, încovoieze, să supună forțelor de forfecare sau să răsucească componentele. Totuși, considerând că deformarea rezultată este între limitele de elasticitate ale materialului, componentele se vor reîntoarce la dimensiunile originale îndată ce forța de deformare este înlăturată. Dacă o forță de deformare acționează asupra unei structuri în afara limitelor de elasticitate, deformarea va fi permanentă.

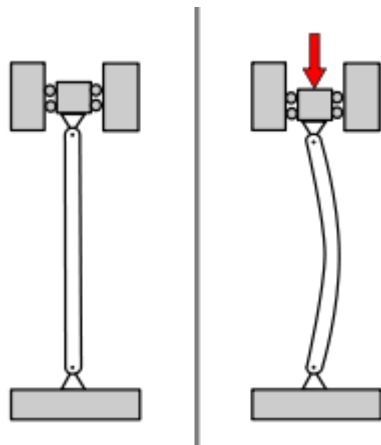


Fig.8.Voalarea

6. MATERIALE UTILIZATE IN INDUSTRIA AERONAUTICA

Aripile unui avion modern pot fi proiectate ca o combinatie între mai multe tipuri de material, depinzând de funcția structurală specifică. Structura aripii unui avion este formată din mai multe elemente ca lonjeroane, lise, nervuri și suprafețe de control ca eleroane și flapsuri.

Fiecare dintre aceste componente trebuie să aibă suporturi diferite și astfel trebuie să fie selectate materialele perfecte. Aliajele de oțel și aluminiu se pot folosi în fabricarea nervurilor, în timp ce materialele compozite pot fi folosite în proiectarea învelișului aripii și a suprafețelor de control.

7. ARIPA MORPHING

7.1 Aspectele de bază ale conceptului Morphing

O aeronavă morphing este, în general, definită ca o aeronavă a cărei formă se modifică în timpul zborului, pentru a optimiza performanțele. Tipurile de schimbări de formă includ anvergura, coarda, volumul, suprafața portantă, grosimea profilului, alungirea și forma în plan. Morphing poate fi, de asemenea, aplicat

la o suprafață de comandă și control în scopul de a elimina balamale. Morphingul poate fi folosit ca un element de control prin schimbarea formei aeronavei în scopul de a modifica dinamica zborului.

7.2 Conceptele actuale de morphing

Frații Wright au avut ideea de a schimba caracteristicile aerodinamice ale unui avion prin modificarea formei aripii, tehnica deformării structurale. Alte metode sunt: diedru variabil pentru stabilitatea aeronavei și prin modificarea anvergurii aripii. Tehnologia nu este limitată la vehiculele pilotate, dezvoltarea unei noi generații de vehicule aeriene fără pilot (UAV-uri), împreună cu tehnologia materialelor avansate, a dus la interesul reînnoit pentru configurații radicale de morphing. Cercetările actuale se axează pe modificarea configurației aripii și anume: anvergura, grosimea, forma în plan ce au demonstrat că morphing unei aripi, fără suprafețe cu balamale conduce la performanțe îmbunătățite, care pot extinde anvelopa de zbor al unei aeronave.

a. Transformare 1-D

Modificarea unidimensională a aripii pe anvergură - cu wingtips span morphing - reprezentat în fig. 9. Prin realizarea unei schimbări mari în dimensiunea anvergurii pe o mică secțiune a aripii, raportul de aspect al aripii poate fi optimizat în timpul zborului pentru diferite misiuni. În plus, schimbarea anvergurii diferențiate între semiplanuri poate genera un moment de ruliu, înlocuind clasicele eleroane de la bordul aeronavei.

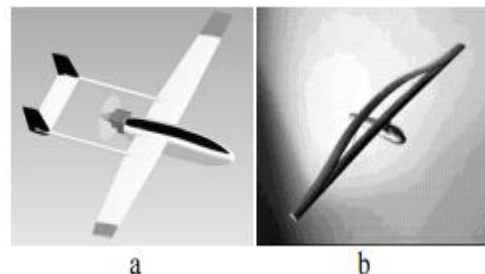


Fig.9 a) Modificarea anvergurii UAV, transformare 1-D, b) Morphing DARPA

b. Conceptul de morphing aripa-bucă

Conceptul de morphing UAV aripa-bucă (sau morphing 3-D) are capacitatea de a schimba configurația aripi dintr-o singură aripă în două aripi lipite la capete.

c. Morphing Wing Concept Generation

Sunt aeronave ce utilizează aripi care au capacitatea de a-și schimba forma în plan în timpul zborului cu 200% alungirea, cu 50% suprafața portantă și cu 200% unghiul de săgeată. Conceptul morphing la DARPA a fost continuat și în faza a II- a denumit programul "Morphing Aircraft Structures – MAS". Conceptul "aripa pliantă", dezvoltat de Lockheed Martin permite variații de anvergură, alungire coardă și unghi de săgeată și NextGen cu modificarea lungimii cozii la încastrare (fig. 10).

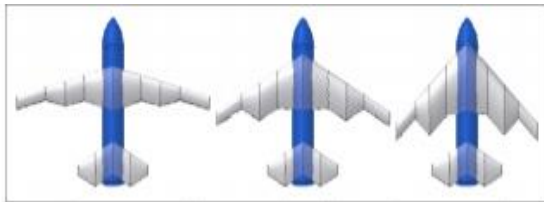


Fig. 10 Morphing Lockheed Martin MAS și NextGen Aeronautics

d. Winglet-uri multiaxiale

Aceste aripioare sunt capabile de a-și schimba unghiul diedru (fig. 11), ele nu înlocuiesc suprafețele convenționale de control, dar rezultatele arată că utilizarea lor duc la o îmbunătățire substanțială a zborului.

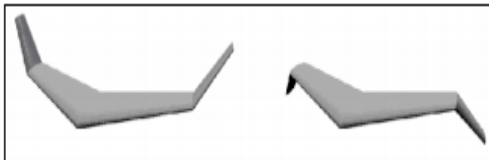


Fig. 11 Aripioarele multi-axiale

e. Aripa flexibilă

Universitatea din Florida a făcut o cercetare pe aripi deformabile, care sunt în măsură să deformeze în mod continuu. Aceste aripi sunt foarte complexe și sunt utilizate pe UAVs (fig. 12a). Aripile flexibile permit forme complexe și sunt mai stabile decât cele rigide, în special în condiții meteorologice turbulente. Controlul manual a formei aripii este o sarcină imposibilă, sunt necesare software și hardware pentru a controla aceste aripi.



a) respectiv b)

Fig. 12 a) Conceptul de aripă flexibilă, b) ILC Dover 'The Apterion' UAV

Caz particular al aripii flexibile (aripa gonflabilă). Această aripă se umflă în zbor (Universitatea din Kentucky) și se rigidizează prin acțiunea de radiații UV în timpul ascensiunii, care se face cu ajutorul unui balon. Cercetătorii de la Dover au o cercetare similară, dar aripa este acționată piezoelectric. Aceasta aripa este umflată și deflatată, în funcție de nevoile de control în timpul zborului și este capabilă de a-și schimba forma aerodinamică, cum ar fi profilele NACA 8318 și 0018. Un alt concept interesant morphing UAV provine din anii 1950, care implică ideea de umflare și dezumflare a aripii pentru ușurința la depozitare și transport. Ideea de umflare și dezumflare vine de la anvelopele auto produse de compania Goodyear care a creat "Inflatoplane", care a fost un avion de salvare pentru piloții aflați în spatele liniilor inamice. Goodyear a continuat să producă aceste avioane timp de 2 decenii, până când ideea aripii gonflabile a fost adoptată pentru un UAV de ILC Dover numit "Apterion" (fig. 12b).

7.3 Evoluțiile viitoare în domeniul morphingului la UAV

NASA's Dryden Flight Research Center promovează ideea de morphingul structurilor care va îmbunătăți diferite aspecte ale zborului. Ei cred că o structură morphing ar putea aduce o reducere a zgomotului și creșterea eficienței consumului de combustibil, de îmbunătățirea siguranței și manevrabilitate mai bună, viteze mai mici de aterizare, adaptarea la piste scurte și versatilitate extinsă.

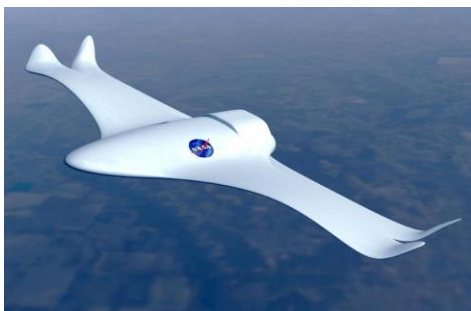


Fig. 13 Tehnologia Morphing propusă de NASA

Cele mai recente cercetări au fost făcute pe UAV-uri, utilizate pentru experimente datorită dimensiunilor. Materialele compozite avansate îmbunătățesc design-ul, ca urmare, acestea permit dezvoltarea unor noi structuri și mecanisme de acționare, deoarece acestea sunt mai ușoare și fiabile. Materialele compozite sunt foarte importante în industria aeronautică din cauza diferențelor de greutate, duritate și flexibilitate. Materiale cu memorie sunt în curs de cercetare, aceste materiale sunt foarte promițătoare, datorită posibilității de a schimba forma sa prin utilizarea unui semnal electric sau prin variația temperaturii. Îndoirea materialelor este preferabilă deoarece oferă o aerodinamică mai bună, evitând fluxuri turbulente. Cu toate acestea, materiale inteligente mai au un drum lung pentru a deveni de încredere.

7.4 Limitările conceptului de morphing

Limitele impuse de conceptul de morphing a aripii de UAV optimizate sunt limitele de conformare ale mecanismelor de execuție și ale caracteristicilor fizico-chimice ale materialelor utilizate în construcția aripii zburătoare. Limitele de operare a UAV-urilor cu morphing pot fi condițiile atmosferice ale zonelor de zbor.

Aripile convenționale sunt proiectate pentru un anumit tip de misiune. O aeronavă clasică va zbura apropiat de optim doar la condițiile de zbor pentru care a fost proiectată. Aripile morphing oferă posibilitatea de a crește performanțele aerodinamice pentru condiții de zbor diferite folosind schimbări mari în geometria aripii. Performanțele unei aeronave cu aripă morphing pot fi apropiate de performanța ideală pentru diferite tipuri de misiuni, pe când un avion convențional prezintă performanțe mai slabe.

Multe structuri adaptive au luat naștere în urma observării formelor de viață din natură: anumite animale sunt în măsură să își schimbe drastic dimensiunea, forma și alte caracteristici. Acest concept de morfozare se regăsește și la aripile păsărilor ce își reconfigurează forma în zbor.

În domeniul aviatic reconfigurarea majoră a aripii în zbor a apărut necesară odată cu creșterea vitezelor de exploatare. Aceasta s-a întâmplat când a fost introdusă aripa cu săgeată variabilă care se întâlnește în special în aviația militară, pentru a spori eficacitatea misiunilor.

8. MATERIALE PENTRU MORPHING

Pentru a realiza o aripă morpha, trebuie cautate materiale cu memoria formei și actuatori piezoelectrice.

Materialul cu memoria formei, selectionat pentru a fi utilizat este nitinolul care are capacitatea de a reveni la o formă predeterminată când este încălzit.

Superelasticitatea intervine la temperaturi peste temperatura de transformare și permite materialului să revină de la constrângeri de până la 8% cu un set permanent de 0,5% sau mai puțin.

8.1 NITINOL(material cu memoria formei)

Aliajele de nitinol prezintă două proprietăți strans legate și unice: efectul de memorie a formei și superelasticitate (de asemenea numită pseudoelasticitate). Memoria formei este abilitatea nitinolului de a suporta deformare la o temperatură, apoi de a reveni la forma originală, nedeformată atunci când este încălzit peste "temperatura de transformare". Superelasticitatea are loc la un interval de temperatură puțin peste temperatura de transformare; în acest caz, încălzirea nu este necesară pentru a cauza forma nedeformată să revină la normal, și materialul prezintă elasticitate enormă, de aproximativ 10 până la 30 de ori cea a unui metal obișnuit.

Proprietatile deosebite ale nitinolului sunt derivate dintr-o tranzitie de faza in stare solida reversibila cunoscuta ca transformare martensitica, intre doua faze diferite de cristal a martensitului, avand nevoie de 10,000-20,000 psi (69-138 MPa) de stres mecanic. La temperaturi inalte, nitinolul ia o structura cubica interpenetranta, simpla, numita austenita. La temperaturi joase, nitinolul se transforma spontan intr-o structura de cristal cubic cu volum centrat mai complicata numita martensita. Temperatura la care austenita se transforma in martensita este in general numita temperatura de transformare. Mai specific, exista patru temperaturi de tranzitie. Atunci cand aliajul este austenita complet, martensita incepe sa se formeze in timp ce aliajul se raceste la asanumitul start martensitic sau start de martensita (sau temperatura Ms), si temperatura la care transformarea este completa este numita finalul de martensita (sau temperatura Mf). Atunci cand aliajul este martensita total si este supus incalzirii, austenita incepe sa se formeze la temperatura Ms si se finalizeaza la temperatura Mf.

Ciclu de racire/incalzire arata histerezisul termic. Latimea histerezisului depinde de compozitia si procesarea precisa a nitinolului. Valoare tipica este un interval de temperatura de in jur de 20-50 K (20-50 grade C; 36-90 grade F).

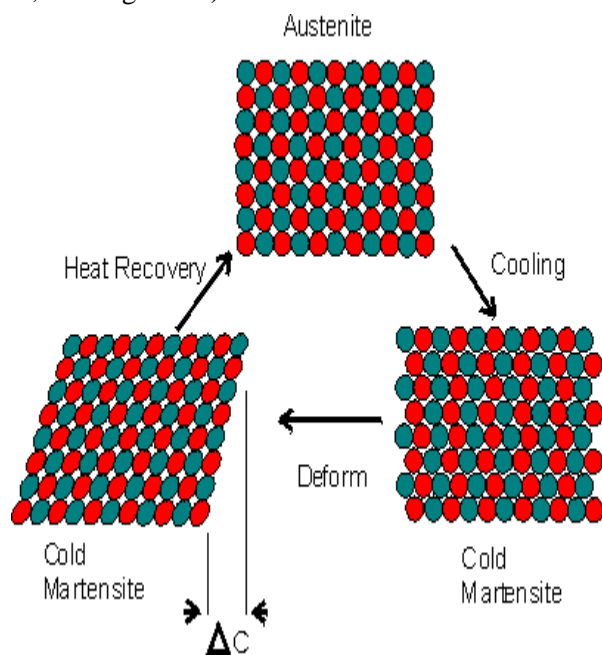


Fig.14.Nitinol

Cruciale pentru proprietatile nitinolului sunt doua aspecte cheie ale transformarii de faza. Prima este data de faptul ca transformarea este "reversibila", insemnand ca daca se incalzeste peste temperatura de transformare structura de cristal se va intoarce la faza mai simpla de austenita. A doua este faptul ca transformarea in ambele directii este instantanee.

Structura de cristal a martensitei (numita monoclinica sau structura B19') are abilitate unica de a suporta deformari limitate in unele moduri fara a rupe legaturi atomice. Aceasta poate suporta aproximativ 6-8% tensiune/efort in acest mod. Atunci cand martensita redevine austenita prin incalzire, structura austenitica originala este restabilita, indiferent daca faza de martensita a fost deformata sau nu. Astfel, denumirea "shape memory" se refera la faptul ca forma fazei de austenita la temperatura ridicata este "tinuta minte", chiar daca aliajul este deformat sever la temperatura joasa.

O mare presiune poate fi produsa prin prevenirea revenirii martensitei deformate in austenita - de la 35.000 psi la, in multe cazuri, mai mult decat 100,00 psi (689 MPa). Unul din motivele pentru care nitinolul incearca din greu sa se intoarca la forma originala este faptul ca nu este un aliaj de metal normal, ci ceea ce este cunoscut ca un compus intermetalic. Intr-un aliaj obisnuit, constituentii sunt pozitionati aleator pe structura cristalina; intr-un compus ordonat intermetalic, atomii (in acest caz nichel si titan) au locatii foarte specifice in structura. Faptul ca nitinolul este un intermetalic, este responsabil in mare parte pentru dificultatea fabricarii dispozitivelor facute din acest aliaj.

8.2 Latexul

Datorita constrangerilor de timp si cost, latexul a fost ales ca invelis flexibil care acopera aripa si ii mentine forma aerodinamica. Beneficiile majore care vin alaturi de modificarea pasiva a formei unei asemenea membrane flexibile de aripa este o pierdere a portantei intarziate si stabilitate longitudinala crescuta, care sunt avantajoase pentru conditiile de zbor instabile si cu numar Reynolds scazut care sunt intalnite de UAV si MAV. Suprafata de zbor in aceasta etapa a investigatiilor consta intr-un invelis tesut din acest material de membrana intins peste structura articulata si fixat la radacina aripii. Pentru aceasta aplicatie, cea mai slaba

directie a materialului este orientata paralel cu marginea aripii. Aceasta este avantajoasa pentru a diminua forta necesara pentru a schimba forma perimetrului aripii, pentru ca cele mai mari deformari apar in directia paralela cu aripa. Forma initiala a invelisului este bazata pe mai multe criterii, mai exact ca o anumita cantitate de pre-stres trebuie sa fie prezenta chiar si in configuratia cu cea mai mica anvergura si ca o distributie a pre-stresului aproape uniforma trebuie sa fie atinsa in configuratia intermediara.

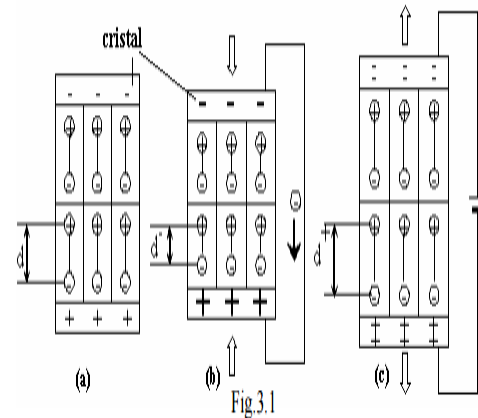


Fig.3.1 Ilustrare schematică a efectului piezoelectric: (a) în stare inițială; (b) generarea curentului electric prin comprimare (efect piezoelectric direct); (c) dilatare la aplicarea curentului electric (efect piezoelectric invers) [199]

Fig.15.Efectul piezoelectric

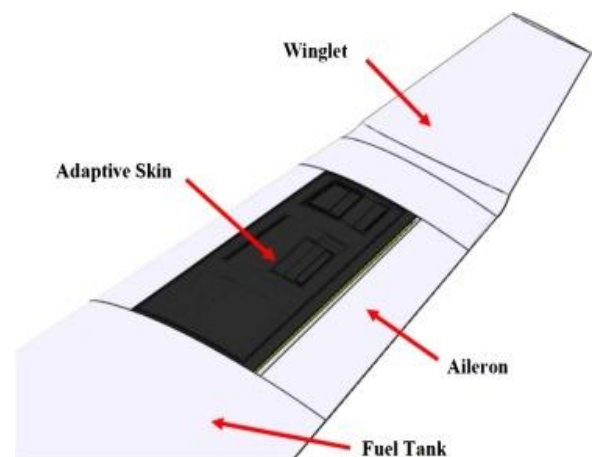
8.3 Actuatori piezoelectrici

Efectul piezoelectric a fost descoperit in anul 1880 de catre fratii Pierre si Jacques Curie si pus in evidenta prin aparitia unei diferente de potential electric la capetele unui dielectric sau feroelectric, atunci cand asupra lui actioneaza o forta de compresie mecanica. Diferenta de potential se datoreaza polarizarii electrice a materialului piezoelectric sub actiunea deformatoare a solicitarii mecanice externe. Polarizarea electrica consta in aparitia unor sarcini electrice pe suprafata materialelor piezoelectrice supuse actiunii fortelor de compresie sau de intindere.

Piezoelectricitatea apare numai în anumite materiale izolatoare și se manifestă prin apariția sarcinilor electrice pe suprafețele unui monocristal care este deformat mecanic ca in imaginea data:

Fenomenul piezoelectric are si un efect invers prin aceea ca asigurarea unei polarizari electrice a materialului cristalin determina la acesta o deformare elastica x . Deformarea x este direct proportionala cu polarizarea prin intermediul unui coeficient piezoelectric.

Actuatorii piezoelectrici exercită forțe mecanice ca efect al tensiunii electrice aplicate, prin efect piezoelectric invers. Deformația tipică este de ordinul a 2-3 % însă cercetările actuale sunt direcționate spre obținerea unei deformații de ordinul a 1 %. La aceste materiale, energia transformată pe unitatea de volum este de ordinul a $(0,18-120) \cdot 10^3 \text{ J/m}^3$. 256 Principalele calități ale actuatorilor piezoceramici sunt timpii reduși de reacție și coeficienții ridicați de cuplare piezoelectrică. Ei se împart în trei clase: monocristale, materiale ceramice polarizate și compozite piezoelectrice.



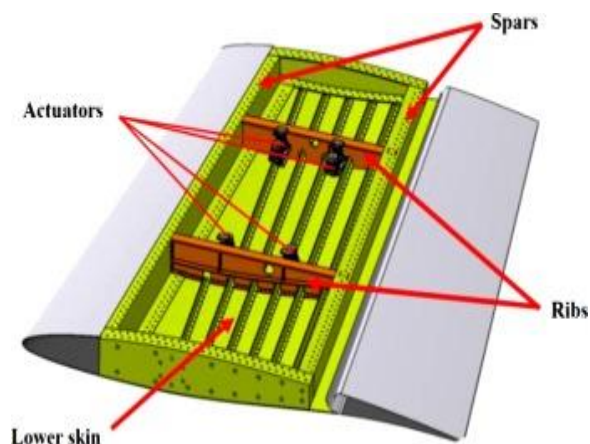


Fig.16.Actuatori piezoelectrice

8.4 Materiale cu memoria formei si actuatori piezoelectrice utilizati in studiul nostru de caz

Materialul cu memoria formei, selectionat pentru a fi utilizat in proiect este 'nitinolul' care are capacitatea de a reveni la o forma predeterminata cand este incalzit .

Actuatorii piezoelectrice selectionati in cadrul proiectului, sunt actuatorii MFC, realizati din placi rectangulare de fibre piezo, adezivi si film poliamidic care contine electrozii care transmit voltajul aplicat la, si de la fibrele piezo.

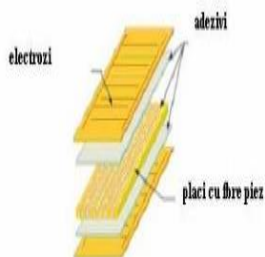


Fig.17.Actuatori MFC

9. CONCLUZII

Ideea aripii cu geometrie variabilă este să crească performanțele la decolare și aterizare, precum și viteza de croazieră subsonică, să îmbunătățească comportarea în regim transonic și să reducă rezistența la înaintare în regim supersonic.

Misiunile speciale dedicate cer manevrabilități excepționale ale MAV. Soluțiile morphing sunt analizate și comparate în funcție de un indicator global axat pe controlabilitate, o manevrare

agresivă, iar costurile reduse de fabricatie sunt importante la selecția strategiei de morphing. Caracteristica statică neliniară N va afecta integral numărătorul și parțial numitorul operatorului echivalent. Conceptul de modularitate, care este bine adaptat la conceptul semiflexibilitate propus pentru aripi zburătoare cu raport alungire mare. Senzori inerțiali folosiți pentru a măsura caracteristicile de răspuns la manevrele de zbor împreună cu analiza calitativă a performanțelor duc la o îmbunătățire globală a aerodinamicii aripii zburătoare.

10. BIBLIOGRAFIE

- [1]. Oxford aviation academy:PRINCIPLES OF FLIGHT
- [2].<https://www.youtube.com/watch?v=9ZpAHxMj5IU>
- [3].www.nasa.gov
- [4]. <http://www.flxsys.com/flexfoil/>
- [5]. <http://www.flxsys.com/applications/>
- [6].<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1270963816301079>
- [7].<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022460X15009633>
- [8].<https://www.nitinol.com/wp-content/uploads/2012/01/069.pdf>