

Smarta material för formbara vingar

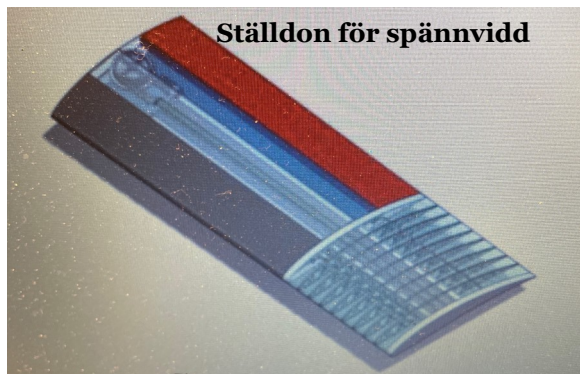
Den traditionella stela strukturen hos ett flygplan har inneburit att dess vingar inte kan fungera med sin fulla effektivitet i alla olika skeden av flygningen. Men utvecklingen av ny teknik och formbara material gör det nu möjligt att skapa nya flygplan, som kan ändra form under flygning.

[Bio-inspired - Aerospace America](#)
[\(PDF\) A Review of Morphing Wing - ResearchGate](#)
[Shape shifters - Royal Aeronautical Society](#)

Formen på ett flygplans vingar påverkar dess prestanda. Flyginjörer har därför studerat hur fåglar kan justera formen och positionen på sina vingar. När fåglar är i luften sträcker de ut sina vingar för att minska luftmotståndet och hålla sig högt. När fåglar vill röra sig snabbare stänger de sina vingar, som rovfåglar gör i ett attackdyk för att fånga bytesdjur.

Det skulle finnas många fördelar om flygplan kunde efterlikna fåglarna och ändra sin vingform i olika flygstadier. Adaptiva eller "morphing" vingar kunde ge en betydande ökning av prestanda, inklusive bränslebesparing, längre räckvidd och minskat buller. Olika vingformer kan också hjälpa flygplan att flyga mer effektivt vid förändringar i vikt och viktfordelning, t ex då bränsle förbrukas under flygningen.

Det nuvarande sättet för vingformsändring är att montera mekaniska ställdon som är fästa på interna mekanismer i vingen täckta med flexibla/glidande aerodynamiska ytor. Detta kräver en uppsättning ställdon, mekanismer och material som glider i förhållande till varandra. Systemet måste även kunna låsas på plats när vingen är belastad.



I många fall ger ett sådant system av ställdon så mycket vikt till strukturen att det upphäver alla effektivitetsfördelar. Hastigheten med vilken formändringen sker är också viktig, eftersom snabba förändringar avsevärt kan öka flygplanens manövrerbarhet. Flygplan kommer också att behöva extra kraft för att driva ställdonen och frågan är vad som händer vid strömavbrott då ställdonen inte fungerar och vingen lämnas i ett suboptimalt läge.

En annan fråga är utformningen av en flexibel hud som kan böjas och sträckas. Även om konventionella gångjärnsmekanismer är effektiva för att kontrollera luftflödet skapar de diskontinuiteter i ytan, vilket resulterar i oönskade aerodynamiska fenomen. Huden måste vara tillräckligt mjuk för att tillåta formförändringar och ändå styv nog för att motstå aerodynamiska be-

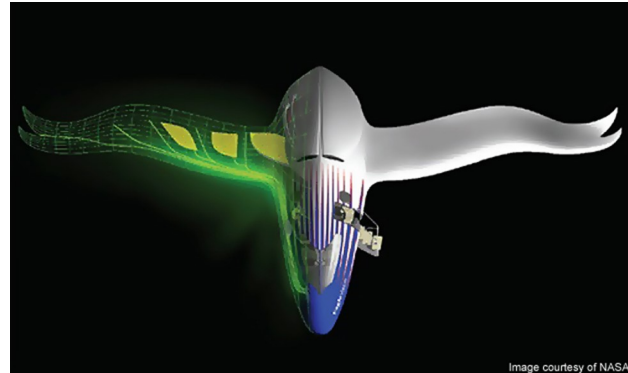


Image courtesy of NASA

lastningar och behålla sin form. Den kan antingen tillverkas av ett enda flexibelt material eller konstrueras med överlappande delar som imiterar fjäll eller fjädrar.

Utvecklingen av formbara vingar har underlättats av den senaste utvecklingen av nya material och mekanismer som kan möjliggöra skapandet av rörliga strukturer i en grad som tidigare inte varit möjligt. Man utvecklar nu smarta material som bäddar in aktiva element i konventionella konstruktionsmaterial. Det finns två olika tillvägagångssätt för att använda dessa material. Den ena är att skapa strukturer som kombinerar styva och flexibla element och den andra att kombinera elementen från båda i ett flexibelt galler som kan böja sig men sedan återgå till sin ursprungliga form, liknande en svamp.

Smarta strukturer kan antingen använda ställdon för att få en struktur att böjas eller införliva ställdon i materialet för att göra en struktur som böjs. Typiska ställdon för smart struktur inkluderar formminneslegeringar (SMA), piezoelektrisk och elektrostriktiv keramik, magnetostriktiva material och elektro- och magnetoreologiska vätskor och elastomerer. När den är inbäddad med ett nätverk av sensor- och kontrollsystem kan vingens strukturella prestanda ändras för att uppfylla olika driftsprestandakriterier, såväl som för att reparera skador.

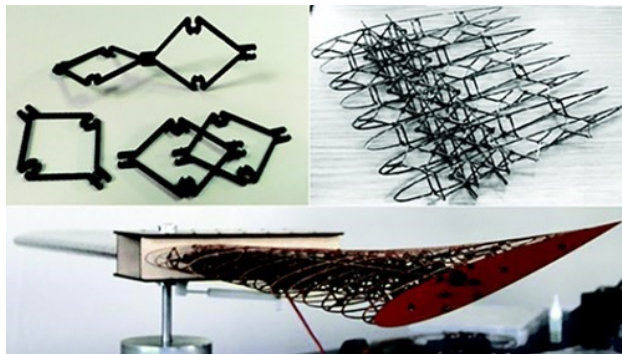
De möjligheter som smarta strukturer erbjuder har uppmärksamats av militära designers i syfte att minska kostnaderna och upprätthålla försvarsförmåga med ett mindre antal mer avancerade system. DARPA sponsrade Smart Wing Project med Northrop Grumman från 1995-2001 för att utveckla tekniker för vingvridning och camberkontroll med hjälp av smarta strukturer. Cornerstone Research Group har utfört arbete på en strukturellt adaptiv vinge för integration med Lockheed Martins Low Cost Autonomous Attack System (LOCAAS) med användning av CRG:s formminnespolymer (SMP), dynamiska modulkompositier (DMC och dynamiskt modulkum (DMF) med syftet att utveckla morphing missiler och flygplan för det amerikanska flygvapnet.

Smarta material för formbara vingar

Smarta strukturer tillämpas på ett brett spektrum av potentiella tillämpningar för att förbättra flygplanens prestanda. Fyra områden inkluderar vibrations/akustisk kontroll, formkontroll, multifunktionella smarta strukturer och morphing flygplan. Mellan 2002 och 2005 finansierade EU forskning i projektet Active Aeroelastic Aircraft Structures (3AS) för att utveckla aktiva aeroelastiska designkoncept för att förbättra flygplanens effektivitet. AAS kan manipulera den aerodynamiska formen på en lyft-yta genom att modifiera den inre strukturen och sägs ha potential att förbättra motståndsprestanda.



Dessutom har det skett framsteg inom smarta material som kan ändra form. Ett exempel är formminneslegering (SMA) som drar ihop sig när den värms upp över en viss temperatur medan ett annat är "piezoelektrisk" som kan dra ihop sig eller förlängas när ett elektriskt fält appliceras på den. Genom att använda en kombination av dessa material kan en hel ving ändra form.

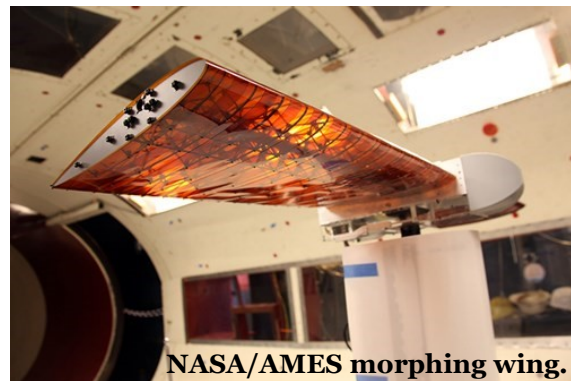


Ett annat forskningsområde har handlat om cellulära fasta ämnen som består av sammankopplade bikakor av balkar eller plattor som bildar kanterna och ytorna på celler och erbjuder både hög hållfasthet och styvhet per vikt vid mycket låg massdensitet. Dessa kan användas för att konstruera komplexa kompositstrukturer som kan monteras i olika rumsgeometrier för att uppvisa en mängd olika belastningssvar. EU 3AS-projektet tittade också på utvecklingen av "smarta bjälkar" för att möjliggöra kontroll av flygplansvingarnas böjning och vridstyvhet genom förändringar i den interna flygplansstrukturen.

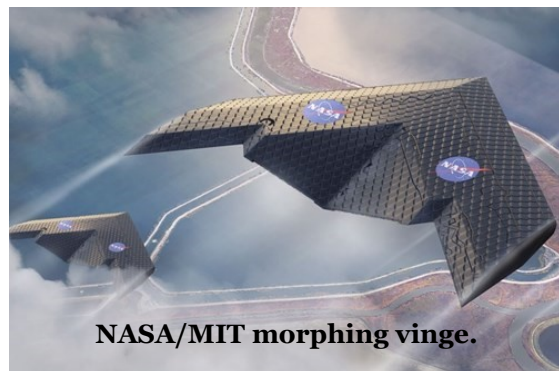
Smarta material kan också innehålla inbyggda sensorer för att tillhandahålla inbyggd strukturell kvalitetsbedömning. Typiska sensorer för smart struktur inkluderar fiberoptik och piezoelektrisk keramik och polymerer. Sådana strukturer kan sedan känna av yttre stimuli och svara med aktiv kontroll.

Forskare från MIT arbetar med ett projekt som gör hela vingen till mekanism så att dess form kan ändras och vridas jämnt längs

dess längd genom att aktivera två små motorer som applicerar ett vridande tryck på varje vingpets. Forskning bedrivs också på konstruktion av vingar (och andra strukturer) från "digitala material" - små, lätta strukturella delar som kan sättas ihop till en oändlig mängd olika former med hjälp av miniatyrrobotar som kryper längs eller inuti strukturen allt efter dess form. Strukturer skapade med denna metod sägs ha en exceptionell kombination av styrka, låg vikt och flexibilitet till skillnad från konstruktionen av kompositvingar som kräver specialutrustning för skiktning och härdning av materialet.

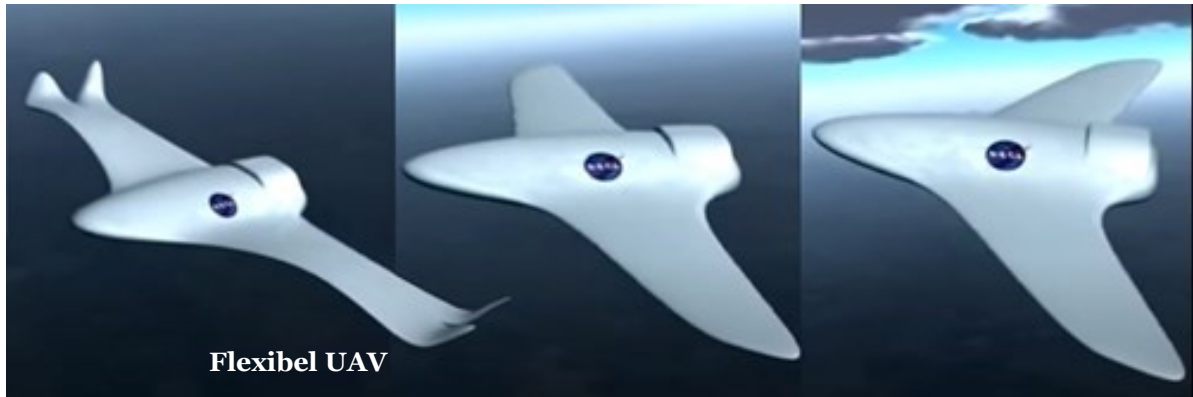


Under 2017 skapade ett team vid NASAs Ames Research Center vid namn MADCAT (Mission Adaptive Digital Composite Aerostructure Technologies) i samarbete med studenter från Massachusetts Institute of Technology (MIT), Cornell University, UC Santa Cruz, UC Berkeley och UC Davis en ultralätt ving som aktivt kan ändra form. Vingen konstruerades av avancerade kolfiberkompositmaterial sammansatta till ett galler och försedda med ställdon för att göra det möjligt för den att morphas och vridas. NASA Ames' kompositcellmaterial som förvandlar vingen kan vrida och röra sig utan behov av vingklaffar eller skevroder.

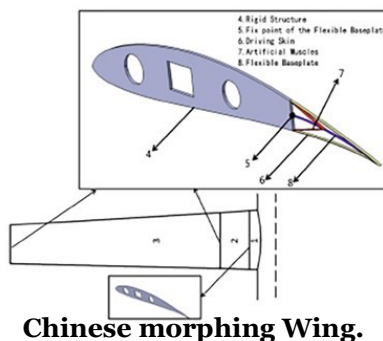


MIT och NASA hade 2019 byggt och provat en flygplansvinge, sammansatt av små underenheter till en lätt gitterram och täckt med ett tunt lager av liknande polymermaterial. Eftersom vingstrukturen mestadels består av tomt utrymme, bildar den ett mekaniskt "metamaterial" som kombinerar den strukturella styvheten hos en gummiliknande polymer och den extrema lättheten och låga densiteten hos en aerogel. Vingen kan automatiskt reagera på förändringar i aerodynamisk belastning genom att ändra sin form.

Smarta material för formbara vingar



Det finns dock en gräns för hur långt stora kommersiella flygplan kan gå för att imitera fåglars beteende, eftersom fågelmanövrar som svep och dykning inte är förenliga med passagerarnas komfort och säkerhet. Kommersiella flygplan kan också vara för stora för att modifiera vingar för att säkert bibehålla styvheten. Samma gäller även för militära flygplan med besättning. Även om de är tillräckligt små för att upprätthålla strukturell integritet och piloter kan skyddas med säkerhetsbälten och g-dräkter, så kan de fortfarande inte flytta sig runt himlen på samma sätt som en fågel kan.



Inga sådana restriktioner behöver gälla för obemannade flygplan (UAV), som både kan vara tillräckligt små för att upprätthålla strukturell integritet och kan utföra manövrar utan hänsyn till pilotens säkerhet. UAVS har också använts som testplats för morphing och smarta strukturer.

Forskare har utvecklat olika UAV med expanderande vingar. En artikel publicerad i RAeS' The Aeronautical Journal i januari 2021 tittade på ett kinesiskt förslag om en "smart morphing" UAV som kan öka räckvidden på militära spanings- och övervakningsuppdrag.



UAV:n kan ändra form autonomt till olika vinggeometrier, beroende på flyguppgifter och flygmiljöer. UAV:ns kontrollsystem är baserat på partikelvärmoptimering, en intelligent algoritm utformad för att imitera fåglars födosöksbeteende. Formändringen uppnås genom den kontinuerliga deformationen av vingen, byte av camber, spännvidd och svepvinkel med hjälp av följsamma löpare som drivs av linjära ultraljudsmotorer.

Forskare har undersökt hur formförändrande drönare kan användas för att utföra undersökningar eller spaningsuppdrag som innebär att de passerar genom trånga utrymmen. Dessa inkluderar quadcopters som kan dra ihop sina rotorarmar för att passera genom smala luckor, drönare som kan anta olika former och länkade roterande vingdrönare som kan flyga ormlikt i en rak linje eller linda sig runt föremål för att lyfta dem.