

# Vingar med ståfräs höjer prestationen

Med 2,4 meters höjd över vingen är de uppåtvikta spetsarna på Boeing Business Jet och 737- 800 bland de resligare i branschen. I den här storleken skäms man inte för att snacka om både utseende och potens.

**Text och illustrationer: Faye/Laprete/Winter, Boeing**

Ett särpräglat yttre är inte oväsentligt i en bransch där utvecklingen annars går mot allt större likformighet. Men det som gör att inte bara den fåfänge kan räkna hem en investering i detta tillbehör är osynligt. Nämligen luftmotståndet. Närmare bestämt den del av motståndet som uppstår på grund av att vingen alstrar lyftkraft.

## Motståndet viker sig

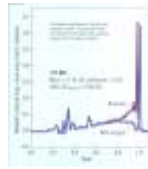
Detta lyftkraftsinducerade motstånd blir mindre, ju mer utsträckt en vinge med en given yta är. Och då räknas både horisontell och vertikal utbredning. Horisontella vingar anses effektivast. Men om det av någon anledning inte går att öka spännvidden så mycket som man skulle vilja, lönar det sig att vika spetsarna uppåt och/eller nedåt. Det man vinner i reducerat motstånd förloras inte i mer skrovvikt än om samma sak åstadkommit med ökad spännvidd.

Formgivningen är delvis en smaksak. Men att göra mjuka övergångar mellan vertikala och horisontella ytor på flygplan är alltid en fördel. Detta minimerar nämligen det så kallade interferensmotståndet, som är en annan komponent i flygplanets totala luftmotstånd.

Konstruktivt gällde det för Boeing att hitta lösningar som både passar i nyproduktion och i ett modifieringspaket för redan levererade maskiner.

## Fladdret läskigast

Det övergripande problemet med dessa vingutväxter, som artikelöversättaren väljer att kalla vingöron, enligt ett modellflyg-språkbruk som han växte upp med, är att de sitter där men helst vill slippa tillskott av vikt och luftkrafter. Storlek, form och riggning styrs därför av hur mycket man vill modifiera vingen för att klara ökade statiska och



dynamiska laster – och, vilket kan vara vansklighast, för att motstå självsvängning, s k fladder.

Ett designkriterium för trafikflygplan är 2,5 g manöverlast. Lastfördelningen på 737-vingen under flygning medför att den mellersta delen får de högsta påkänningarna när luftbromsarna är utfällda, medan den yttersta delen påverkas mest under höga rollhastigheter. När spetsarna byggs på med vertikala ytor, är det emellertid inte vid roll utan vid snedanblåsning, exempelvis vid en gir, som belastningen först når gränsvärdet.

## Lätt på örat

Fladder finns det alltid risk för, när en vinge får utväxter ovanför och bakom sin strukturella neutralaxel. Risken minimeras genom att göra vingöronen så lätta som möjligt. Därutöver krävs noggrann statisk och dynamisk balansering av såväl vingöron som den horisontella vingens yttersta delar.

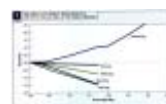


En bra uppfattning om vingörons positiva och negativa aerodynamiska effekter kan man skaffa sig genom vindtunnelprov. För ändamålet byggde Boeing två olika modeller, instrumenterade att mäta lokal tryckfördelning över vingen. Den ena modellen hade vingen riggad som den ser ut vid planflykt i marschhastighet, den andra hade vingen böjd som vid max manöverlast. Med data från tunnelkörningarna kunde justeringar göras som minimerade oönskade laster.

## Utåt med tårna

Fortsättningsvis gjordes testerna i fullskala flygprov. Testmaskinen instrumenterades med tråd-töjningsgivare och tryckuttag på såväl yttervinge som vingöron. Under flygningarna registrerades även driftparametrar, för att bestämma i vilken grad luftmotståndet minskade, samt gjordes subjektiva bedömningar av flygegenskaperna.

Till att börja med monterades vingöronen rakt i luftströmmen, för att inte själva ge något bidrag till flygplanets inducerade motstånd. Med denna riggning registrerades ökad belastning på vingen, jämfört med när vingen inte har öron. Detta var en oönskad effekt. Därför provades att rigga öronen med "toe-out", som avlastning. 2 graders toe-out rätade ut vingen utan att tillskottet av inducerat motstånd



Bilder i helformat?

Återvänd till "Innehållsförteckningen" och sök under artikelrubriken!

vid marschfart översteg minskningen av vingens trim-, profil- och vågmotstånd. I landningskonfiguration, med full klaff, blev lyftkraften emellertid inte fullt lika stor. Men detta kunde accepteras i utbyte mot att slippa en större strukturell modifiering.

### Halv broms

Enklaste åtgärden för att hindra 737-vingens mellersta del att komma upp i kritiska laster är att minska luftbromsarnas utslag. Så gör man på affärsjeten BBJ med eftermonterade vingöron, eftersom detta flygplan klarar sig utmärkt med halverat bromsutslag. Trafikflygplanet 737-800 däremot, skulle inte klara kraven på snabb höjdreduktion i händelse av tryckfall i kabinen. Därför konstruerades en "intelligent" spärr för bromsreglaget, som tillåter fullt utslag, men griper in och begränsar det vid kombinationer av vikt, fart och manövrer som medför risk för överbelastning. Detta kunde certifierande myndigheter godkänna. Denna "dynamiska" bromsbegränsare ingår i installationspaketet för modifiering av 737-800. I nyproduktion är vingen förstärkt så att ingen bromsbegränsning behövs.

Eftermontering av vingöron på BBJ och 737-800 görs med ledning av ett så kallat Supplemental Type Certificate. På BBJ berörs 10 procent av vingen och på 737-800 35 procent. Arbetet utförs i följande steg:

### Vikt och balans

Skalplåtar på yttervingarnas över- och undersidor demonteras;

Sprygel 25 (tredje från vingspetsen räknat) byts ut och förses med extra förstävningar;

Ett urtag skärs i sprygel 27 (ändsprygel innanför vingpetskåpan) och de två vingbalkarna kortas;

En ny mittsektion till sprygel 27 monteras tillsammans med fästpunkter för vingörat;

De kortade vingbalkarna fixeras;

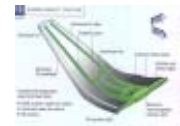
Vingörat och eventuella balanseringsvikter monteras;

Yttervingen plåtas på, efter att fästpunkterna omarbetats, så att förbandet tål högre laster.

Eventuella balanseringsvikter i vingspetsarna är till för att hindra fladder. Vid eftermontering på 737-800 används 90 lbs i varje spets. 737-800 som nyproduceras med vingöron klarar sig med 75 lbs, därför att vingboxen optimerats vad gäller vrid- och böjstyvhet. BBJ klarar sig utan barlast.

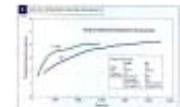
### Byte går på tre timmar

Vingöronen har samma livslängd, service- och tillsynsintervall som flygplanet. Ett skadat vingöra byts mot ett nytt på tre timmar. Finns inget nytt till hands, kan vingöronen bytas mot vanliga vingpetskåpor, som passar i samma fästen. Skadade vingöron kan repareras. De är byggda med balkar i grafit/epoxy, spryglar och framkant av aluminium och skal av sandwichkomposit.



Vingöronen på BBJ och 737-800 ändrar inte på några kritiska flygegenskaper. Uppträdandet i låga hastigheter och i stall är samma som utan, liksom gir-roll-kopplingen. Riktning- och längdstabiliteten ökar något.

Prestandahöjningen kommer av lägre totalmotstånd vid marschhastighet, högre lyftkraft med landningsklaff utfälld, och lägre motstånd med startklaff.



### Bäst till charter

Det senare innebär att större betalande last kan medfölja från flygplatser där start- och stigproceduren omges av restriktioner på grund av buller. Allmänt minskar block fuel 4 procent. BBJ ökar sin räckvidd med 200 nm och 737-800 med 130 nm.

Vingöron kan eftermonteras på Boeing 737-700 och 737-800 och är en allt populärare standardoption på nya 737-800. De betalar sig snabbast på maskiner som flyger längre distanser, exempelvis charter från Skandinavien till Medelhavet. På Boeing Business Jet, som monteras på samma linje och med samma grundkomponenter som trafikflygplanen, är vingöron nu standard. BBJ har kropp från 737-700 och vinge från 737-800. BBJ2 har både vinge och kropp från 737-800 och offerar litet av BBJ's extrema räckvidd för ännu större utrymmen och bekvämlighet ombord.

Referens: Boeing Aero No 17

Bilder i helformat?

Återvänd till "Innehållsförteckningen" och sök under artikelrubriken!