

Mot nettonoll med väte?

I dag står luftfarten på tröskeln till en helt ny tidsålder eftersom klimatförändringarna kräver att man minskar koldioxidutsläppen från flygindustrin och möjliggöra hållbar tillväxt. En viktig utmaning är vad som kommer att ersätta fotogen, ett bränsle som är nästan perfekt för flygplan med sin energitäthet och enkla lagring.

<https://www.aerosociety.com/news/powering-a-net-zero-future/>
[Does hydrogen have a future as aviation fuel?](#)
[Green Hydrogen Production Starts In Earnest](#)

Motorer och flygplansskrov måste vara integrerade när man utformar nya flygplan med noll koldioxidutsläpp. Till exempel, om eldistribuerad framdrivning används, med flera elmotorer och propellrar utspridda på vingarna, vilken effekt kommer dessa att ha på aeroelasticitet och fladder? Var är det bästa stället att förvara tunga batterier för ett elflygplan, utspridda runt flygplanskroppen eller på ett och samma ställe? Och kanske den största frågan av alla, hur kan man integrera vätgasbränsletankar i ett framtida flygplan på ett sätt som håller luftmotståndet till ett minimum och ger maximal säkerhet för besättning och passagerare i händelse av en kraschlandning. Det finns också frågetecken kring flygplatsernas infrastruktur och leveranskedjor som kommer att behöva stödja flera typer av flygbränsle eller energi i framtiden, till exempel standardisering av elflygplansladdare.

Medan många diskussioner kretsar kring el, hybridel, bränsleceller och vätgas som potentiella kraftkällor för framtida flygplan, utforskar företaget Reaction Engines genomförbarheten av ammoniak som grönt flygbränsle. Reaction Engines, som är mest kända för sin revolutionerande luftandningsraket SABRE, beskriver hur dess topphemliga förkylarteknik, nyckeln till att snabbt kyla överhettad luft som rör sig i höga Mach-hastigheter, nu har ett ökande antal spin-off-tillämpningar för alternativa gröna framdrivningssystem. Till exempel är värmehantering av högpresterande batterier, som kräver en specifik drifttemperatur, en stor utmaning för elflyg. För detta ändamål har Reaction Engines utvecklat förkylare, värmeväxlare och radiatorer som kan integreras i kyl- och värmehanteringssystem.

Reaction Engines tror också att deras värmeväxlarteknik skulle kunna göra ammoniakdrivna flygplan livskraftiga, en bränslekälla som bara skulle producera kväve och vattenånga som avfallsprodukter. Den flytande ammoniak skulle lagras i vingarna, precis som fotogenbränsle idag. Med hjälp av värme från jetmotorerna avgaser i Reaction Engines värmväxlare skulle ammoniak skickas till en krackningsreaktor som skulle separera den i väte och kväve, där vätet förbränns i motorn. Fördelarna med detta tillvägagångssätt är att flygplanet inte behöver stora kryogena bränsletankar, som kräver en helt ny flygplanskonfiguration.

Vill man ändå använda väte kan den dubbla flygkroppen vara den bästa lösningen för att hålla flytande väte så långt borta från passagerare och besättning som möjligt. Dubbla flygkroppar skulle också förenkla tankning/tömning av bränsle genom att hela flygkroppen skulle kunna tas bort och bytas ut mot en full tank, eller till och med tas bort över natten för att förvaras i ett klimatkontrollerat kylrum för att minimera avkokning. Den förlängda spännvidden (46-48 m) innebär dock att någon form av fällbara vingspetsar kommer att behövas för att passa in i en vanlig flygplatsgate, men det ökade vingspannet innebär att trots den ökade våta ytan jämfört med en enda flygkropp förblir bränsleeffektiviteten och det totala motståndet detsamma som för ett traditionellt flygplan.

Vätgasbränsleceller erbjuder ett alternativ till traditionella flygbränslen och utnyttjar den elektrokemiska reaktionen mellan



väte och syre för att producera el, vatten och värme. Denna teknik utmärker sig för sin energitäthet och potential för flygningar med nollutsläpp. Integreringen av vätgasbränsleceller i flygplanssystem innebär dock unika tekniska utmaningar, inklusive bränslelagring, viktöverbälganden och säkerhetsåtgärder.

Vätebränsleceller är en klass av elektrokemiska enheter som omvandlar den kemiska energin från väte och syre till elektricitet. Det finns olika typer av vätgasbränsleceller, inklusive polymerelektrolytmembran (PEM), fastoxidbränsleceller (SOFC) och alkaliska bränsleceller (AFC), var och en med unika egenskaper som lämpar sig för olika applikationer. Denna process, som i grunden skiljer sig från förbränning, innebär en miljömässigt ren reaktion där vatten är den enda biprodukten.

Kärnan i en vätgasbränslecell är den elektrokemiska reaktionen. Vätgasbränsleceller fungerar baserat på två viktiga halvreaktioner. Vid anoden delas vätemolekyler (H_2) upp i elektroner och protoner. Denna process tar bort elektroner från väteatomer och frigör dem som användbar elektrisk ström. Vid katoden reagerar syremolekyler (O_2) från luften med elektronerna som återvänder från den elektriska kretsen och vätejonerna som har rört sig genom elektrolyten.

Vätgasbränsleceller erbjuder flera betydande fördelar i samband med luftfart, vilket gör dem till ett tänkbart val för framtidens flygresor. En av de mest anmärkningsvärda fördelarna med vätgasbränsleceller är deras minimala miljöavtryck. Till skillnad från konventionella jetbränslen, som släpper ut koldioxid, kväveoxider och andra föroreningar, avger vätgasbränsleceller endast vattenånga och värme.

Vätgas har en hög energitäthet i vikt, vilket är fördelaktigt för flygtillämpningar. Det möjliggör längre flygsträckor och tyngre nyttolaster jämfört med batterielektriska alternativ, vilket stämmer väl överens med kraven från kommersiell luftfart. Som ett resultat är vätgasbränsleceller i sig effektivare än förbränningsmotorer. De omvandlar bränsle direkt till el och värme utan det mellanliggande förbränningssteget, vilket leder till högre driftseffektivitet. Denna effektivitet leder till minskad bränsleförbrukning per producerad enhet, vilket gör vätgas till ett kostnadseffektivt bränsle på lång sikt.

När vätgas produceras med förnybara energikällor blir den ett hållbart bränslealternativ. Potentialen för att producera grön vätgas genom metoder som elektrolys av vatten med hjälp av sol- eller vindenergi ligger i linje med globala initiativ för förnybar energi, vilket ytterligare ökar dess attraktionskraft som flygbränsle.

Flygplan som drivs av vätgasbränsleceller är tystare än sina traditionella motsvarigheter. Tystare flygplan förbättrar livskvaliteten för omgivande samhällen och kan potentiellt leda till mer flexibla regler för flygdrift. Men att integrera vätgasbränsleceller i luftfarten medför betydande tekniska utmaningar, som var och en kräver innovativa lösningar för praktisk och säker flygplansdrift.

En av de främsta utmaningarna är lagring och distribution av vätgas. Vätgasens låga volymetriska energitäthet kräver stora lagringsutrymmen, antingen som en komprimerad gas eller ett kryogent flytande bränsle. Att hantera vätgas vid höga tryck eller extremt låga temperaturer i flygplan ger upphov till kritiska frågor om vikt, volym och säkerhet. För att ta itu med detta görs framsteg inom lätta kompositmaterial för högtryckstankar, tillsammans med förbättrad kryogen lagringsteknik. Dessutom är innovationer på marknivå inom vätgasförvätskning och tankningsinfrastruktur avgörande för effektiv drift.

Vikten och volymen hos bränsleceller och tillhörande system, inklusive vätgastankar och kylmekanismer, utgör en annan utmaning. Dessa komponenter kan avsevärt öka flygplanets totala vikt, vilket påverkar bränsleeffektiviteten och prestandan. För att mildra detta fokuserar pågående forskning på att optimera bränslecellernas design och material för att förbättra deras effekt/vikt-förhållande. Kompakta, lätta bränslecellssystem utvecklas för att integreras sömlöst i flygplan utan att kompromissa med prestandan.

Värmehantering i vätgasbränsleceller är ett annat problemområde. Att effektivt avleda värmen som genereras under den elektrokemiska processen är avgörande för att upprätthålla driftsstabilitet och garantera säkerheten. Avancerade kylsystem och värmeväxlare utformas för att hantera dessa termiska belastningar effektivt. Att utnyttja den genererade värmen för andra tillämpningar ombord, t.ex. kupéuppvärmning, skulle dessutom kunna förbättra den totala energieffektiviteten.

Säkerheten är av största vikt inom luftfarten, och vätgasbränsleceller medför särskilda säkerhetsöverväganden. Vätgasens brandfarlighet och de höga trycken i lagringstankar kräver robusta säkerhetsprotokoll och felsäkra mekanismer. Utvecklingen av sofistikerade sensorer och säkerhetssystem för att upptäcka och åtgärda läckor, tryckvariationer och andra potentiella faror pågår. Rigorösa test- och certifieringsprocesser håller också på att upprättas för att säkerställa att dessa system uppfyller stränga flygsäkerhetsstandarder.

Slutligen är infrastruktur för produktion, lagring och distribution av vätgas på flygplatser en logistisk utmaning. Att skapa en utbredd och effektiv försörjningskedja för vätgas kräver betydande investeringar och samordning. Lösningarna inkluderar utveckling av bärbara tankstationer för vätgas och anläggningar för vätgasproduktion på plats, som utnyttjar förnybara energikällor för att minimera koldioxidavtrycket från vätgasproduktionen.

En framgångsrik implementering av vätgasbränsleceller inom

luftfarten är i hög grad beroende av en effektiv produktion och en robust infrastruktur för vätgas. De nuvarande metoderna för vätgasproduktion och den nödvändiga infrastrukturutvecklingen innebär både utmaningar och möjligheter för flygindustrin.

Majoriteten av vätgasproduktionen idag är beroende av ångreformeringsmetoder av metan, som, även om den är effektiv, fortfarande resulterar i koldioxidutsläpp. För att anpassa sig till hållbarhetsmålen för att använda vätgas inom luftfarten läggs tonvikten på produktionsmetoder för grön vätgas. Elektrolys, som drivs av förnybara energikällor som sol eller vind, erbjuder ett koldioxidneutralt sätt att producera vätgas. Denna metod innebär att vatten delas upp i väte och syre med hjälp av elektricitet. Att utveckla kostnadseffektiv och storskalig elektrolysteknik är avgörande för att möta flygindustrins efterfrågan på vätgas.

Att utveckla tankningsinfrastrukturen på flygplatserna är en annan viktig komponent. Detta inkluderar byggandet av tankstationer för vätgas, som måste vara utrustade för att hantera höga tryck och säkerställa snabb tankning för att upprätthålla effektiviteten i flygplatsverksamheten. Samarbete mellan luftfarts- och energisektorerna är avgörande för att utveckla dessa infrastrukturer.

Ett antal experimentella flygplan som drivs av vätgasbränsleceller har framgångsrikt demonstrerat genomförbarheten av denna teknik. Det handlar bland annat om små drönare och lätta flygplan, som har visat att vätgas kan användas effektivt för kortdistansflygningar. Till exempel har HY4, ett fyrsitsigt flygplan som drivs av vätgasbränsleceller, framgångsrikt genomfört provflygningar, vilket visar hur praktisk denna teknik är för passagerartransporter. I september 2023 genomförde HY4 den första pilotflygningen med ett elflygplan med vätgas som bränsle.

Stora flygplanstillverkare utforskar aktivt vätgasbränsleceller för större kommersiella flygplan. Airbus har till exempel tillkännagett planer på att utveckla vätgasdrivna flygplan med målet att få ut det första kommersiella planet med nollutsläpp på marknaden senast 2035. Dessa projekt omfattar inte bara utveckling av flygplanet utan också samarbete med energileverantörer och flygplatser för att bygga den nödvändiga vätgasinfrastrukturen.

Samarbeten mellan flygbolag, energileverantörer och regeringar underlättar utvecklingen av vätgas inom luftfarten. Samriskföretag håller på att bildas för att ta itu med utmaningarna inom produktion, infrastruktur och reglering, vilket säkerställer ett samordnat tillvägagångssätt för att implementera denna teknik.

Teknisk innovation ligger fortfarande i framkant när det gäller att göra vätgasbränsleceller livskraftiga för luftfart i större skala. Viktiga fokusområden är att förbättra effektiviteten och hållbarheten hos bränsleceller, utveckla lätta och kompakta lagringslösningar och förbättra den övergripande säkerheten för vätgasdrivna flygplan. Framsteg inom elektrolysteknik för produktion av grön vätgas är också avgörande för att säkerställa att vätgasens miljöavtryck minimeras från produktion till användning.

Framöver är de miljömässiga och ekonomiska effekterna av vätgasbränsleceller inom flyget lovande. Övergången till vätgas har potential att avsevärt minska utsläppen av växthusgaser, vilket bidrar till de globala insatserna för att begränsa klimatförändringarna. Ekonomiskt sett skulle utvecklingen av en vätgasekonomi kunna stimulera skapandet av arbetstillfällen och teknisk innovation, vilket skulle ge ett uppsving för olika sektorer utanför luftfarten.