

SPECIFIKATION FÖR ETT BLYFRITT FLYGBRÄNSLE TSL 2010-1357

Med begränsning till endast bensinkvaliteter för flygändmål som uppfyller kraven i ASTM D 910 och/eller D 7547.

Sammanfattning

Det går att införa en blyfri flygbensin och stödja sig på en befintlig standard: En bensin för flygändamål som uppfyller en ASTM standard för flygändamål och med maximal blymängd som anges i lagen 2001:1080, d.v.s. 0,005 gram per liter. Aktuella standarder för flygbensin är: ASTM D910, (ASTM D6227) och ASTM D7547. I framtiden kan det även komma nya standarder. Men för att ge ett hållbart förslag bör det låsas till dagens ASTM-metoder

Börje Gevert

2010-08-28

Specifikation för ett blyfritt flygbränsle
TSL 2010-1357

Börje Gevert

Ecotraffic AB
Box 1159
131 26 Nacka Strand
Vxl: 08- 545 168 00

Ecotraffic

Innehållsförteckning

1	Inledning och bakgrund.....	3
2	Uppdraget	3
3	Oktantal i bensin	3
4	Standarder för Flygbensin.....	7
4.1	Miljöproblemen med bly i flygbensin.....	7
4.2	Tillgänglighet.....	8
4.3	Övergången till blyfri bensin.....	8
4.4	Befintliga flygbensiner.....	9
4.4.1	100LL	9
4.4.2	Avgas 91/96 UL.....	9
4.4.3	Polsk Avgas 91UL	9
4.4.4	Avgas 82 UL.....	9
4.5	Miljöeffekter för blyfritt flygbränsle.....	10
5	Förslag till lagskrivning	10
6	DISKUSSION.....	11
7	Referenser	11

1 INLEDNING OCH BAKGRUND

Bensinmotorn som sitter i flygplan skiljer sig något från bilarnas bensinmotor. I flygplanen eftersträvas ett högt prestanda-viktförhållande och det har lösts genom att driva kompressionen till allt högre nivåer. För att möjliggöra detta krävs ett högt oktantal vilket nås med blytillsats till bensinen. Man kan säga att blytillsatsen har möjliggjort framstegen inom flyget under 1940 till-60 talen.

2 UPPDRAGET

Uppdraget är att ta fram ett förslag till en specifikation för ett blyfritt flygbränsle.

- Specifikationen ska kunna användas som miljöklass i lagen (2001:1080) om motorfordons avgasrening och motorbränslen.
- Specifikationen ska baseras på, eller referera till, en befintlig standard för flygbränslen (ASTM D 910 eller D 7547)
- Specifikationen ska inrymma ett eller flera flygbränslen som är tillgängliga idag på marknaden.

Dessutom ska en kort redovisning göras över tänkbara miljöeffekter (såväl positiva som negativa) som ett sådant bränsle kan medföra.

3 OKTANTAL I BENSIN

Oktantalet är bränslets förmåga att motstå temperatur och tryck och mäts genom att bränslet provkörs i en specialmotor med variabel kompression. Då kompressionen eller temperaturen höjs uppstår knackning när bränslet antänds för tidigt. Ett högt oktantal medför att bränslet klarar högre temperatur och tryck. Ett bränsles oktantal kan förhöjas genom olika tillsatser, bland annat tetraetylbley som är förbjudet i bensin för vägtrafik sedan 1995 men som fortfarande används i flygbensin. Eftersom flygbränsle utsätts för stora tryck-

och temperaturskillnader skiljer sig dess sammansättning ifrån konventionell bensin för fordon i vägtrafik.

Det finns två olika provmetoder för att mäta bränslets oktantal, metodval görs utifrån motorns varvtal. För RON (research Octane Number) används ett lågt varvtal och för MON (Motor Octane Number) används ett högre varvtal, högre temperatur och högre last. Vid förbränning i en flygmotor används höga varvtal samt hög och jämn last. Därför är MON ett bättre mått på oktantalet för flyget än RON, vilken används för bilbensin i Europa.

Känsligheten ("sensitivity") är skillnaden mellan oktantalerna: RON - MON och anger bränslets känslighet för förändringar i lasten på motorn vid körning. Eftersom RON är högre för de flesta föreningar och blandningar jämfört med ON är känsligheten oftast positiv. I Tabell 1 visas några exempel på föreningar och deras oktantal medan Tabell 2 ger oktantalet för produkter från olika processer. Under 1970-talet kom miljödiskussionen kring bly varför en anpassning skedde till den nuvarande kvaliteten, 100LL. Det är svårt att nå 100 MON även med begränsad blytillsats för fraktionerna i Tabell 2. Därför måste även komponenter väljas med omsorg så högt oktantal erhålls, se Tabell 1. Detta fördyrar tillverkningen av blyfri flygbensin jämfört med blyad flygbensin

Tabell 1 Oktantal på olika komponenter i bensinen

Kolväte	RON	MON	Kolväte	RON	MON
n-alkaner			n-alkener		
n-butan	94	89	1-hexen	76	63
n-pentan	62	62	2-hexen	93	81
n-hexan	25	26	2-okten	56	56
grenade kolväten			aromater		
2-metylbutan	92	90	bensen	106	102.5
3-metylpenten	97	81	toluen	120	103.5
Metylcyklopentan	91	80	p-xylen	116.5	110

Tabell 2 Oktantal på olika fraktioner vid oljeraffinering (1)

Bensin-komponent	Process	Kok-punkts-intervall °C	RON			Användning och övrigt komponenter
			0 g Pb/l	0,15 g Pb/l	Känslig-het *	
Alkaner						
Butan	<ul style="list-style-type: none"> destillation konverterings-process 	0	94-97	96-100	<5	
Isopentan	<ul style="list-style-type: none"> destillation isomerisering andra konverterings-processer 	27	94-97	98-100	<5	
Isomerisat	isomerisering av nC5 och nC6	40-170	85-90	88-93	<5	
Alkylat	alkylering	40-150	90-100	93-105	<5	Denna fraktion är huvudkomponent i flygbensin.
Nafta	destillation	30-120	50-70	65-85	<5	
Nafta från vätekrackning	vätekrackning	40-200	75-85	80-90	<5	
Alkener						
Kracknafta katalytisk	katalytisk krackning	40-200	85-95	90-98	10-15	
Visbreaker nafta	visbreaker	40-200	75-85	80-90	10-15	
Oligomerisat	oligomerisering (polymerisering)	60-200	92-97	95-98		
Cockernafta	“coker“	40-200	85-95	90-98	10-15	
Aromater						
Reformat	katalytisk reformering	40-200	85-95	90-105	5-10	
Syreinhållande komponenter, blandoktantal						
MTBE		55	117		16	
etanol						
vattenfri	diverse	70	111		17	
* Känsligheten är skillnaden mellan oktantal: RON - MON och anger bränslets känslighet för förändringar i lasten på motorn vid körning.						

4 STANDARDER FÖR FLYGBENSIN

Den viktigaste standarden idag är ASTM D 910 ”Standard specifikation for aviation gasoline”. Denna standard tar upp krav på olika typer av flygbensiner. Det är 80, 100LL och 100. Idag är 100LL viktigast, den får maximalt innehålla 0,56 g tetraetylbley per liter och någon undre gräns finns inte. Beroende på hur man läser standarden så kan den tolkas som att tetraetylbley skall finnas med, men att det inte finns någon begränsning neråt i halt. På senare tid har en ny ASTM standard tagits fram för en bensin MON 91. Denna standard har beteckningen ASTM D7547 och för MON 82, ASTM D6227. Flygbensin tillverkad enligt dessa två standards saknar helt bly. Alla tre av dessa standarder kan vara utgångspunkt för den som önskar blanda blyfri flygbensin.

4.1 Miljöproblemen med bly i flygbensin

Under de senaste 25 åren har det skett en jakt på användningen av bly i olika samband. Orsaken är att bly är giftigt i levande organismer inklusive människor. Organiskt bly är farligare än oorganiskt bly då det lättare tas upp av kroppen och lättare penetrerar hjärnbarriären hos vuxna, barns barriär penetreras dock även av oorganiskt bly. Då blyet i flygbensin är organiskt bundet är det mest ett arbetsmiljöproblem vid hanteringen av flygbensin. Det oorganiska blyet tas upp via lungorna upp till ca 50 % av det exponerade blyet tas upp. Bly ackumuleras i kroppen och utsöndras endast långsamt, höga halter i blodet kan på sikt ge bland annat immunologiska, neurologiska, genotoxiska och cancerframkallande effekter i varmblodiga djur, inklusive människor. Vid förbränning i motorn övergår blyet till oorganiskt och fördelas i små partiklar som genom sin höga densitet troligen faller till marken. Enligt Svenska Naturvårdsverket ligger blyhalterna i sjöar och vattendrag på en oförändrad nivå de senaste tio åren och de menar att orsaken är att tidigare luftburna blyföroreningar finns kvar i markskiktet. För cirka 5 år sedan var mängden utsläppt bly 5 ton från flygbensin (se ref 2 för ingående information), idag uppskattas mängden till 2 ton. Minskningen beror på ökad användning av blyfri flygbensin, ökad mängd användning av bilbensin, ökad användning av dieselmotorer och minskat flygande på grund av höga bränslekostnader. Även om mängden utsläppt bly inte är stor är det ändå viktigt att den begränsas. I referens 2 tas diskussionen om blyets miljöeffekter upp i

detalj. Med tetraetylble tillsätts också en halogenförening som i motorn bildar oorganiska blyföreningar som lämnar motorn.

4.2 Tillgänglighet

Tillgängligheten är en viktig egenskap speciellt som flygbensinkonsumtionen vid många av våra flygplatser är låg. Flygbensin är en färskvara och skall användas inom cirka 6 månader. Idag är det flygbensinen LL100 som är den mest spridda kvaliteten. Att det nu blir två kvaliteter fördyrar hanteringen framför allt för den blyfria bensinen och en skattesänkning för den blyfria bensinen är en viktig morot.

4.3 Övergången till blyfri bensin

Övergången till användning av blyfri flygbensin är successiv vilket beror på certifiering och försäkringsfrågor. Vi har inte samma drivkraft som när blyfri bensin infördes för biltrafiken. Där var det ett krav med samtidigt införande av katalytisk rening som inte tålde bly. Ett parallellt arbete med certifiering av motorerna för lägre oktantal och blyfrihet). För blyfri flygbensin (AVGAS 91 UL / Unleaded AVGAS / MON 91) finns tre tillverkare i Europa. Det är Hjelmcø Oil i Sverige, OBR PR i Polen samt Total i Frankrike. För tetraetylble (LL100) finns bara en tillverkare stationerad i England. Den mest spridda LL100 tillverkas endast på ett ställe i Europa. Men skulle relativt enkelt kunna tillverkas på flera ställen om det behövdes.

Vissa motorer, tex Rotax, som är anpassade för lägre oktantal körs idag även på bilbensin RON 98. Tillgängligheten är god för denna bensintyp men kan ge problem eftersom dess egenskaper inte är anpassade till höga höjder och tillförlitlighet hos motorn. Svensk bilbensin innehåller mera butan än bensinen i USA varifrån bruket av bilbensin i flygplan kommer. En annan utveckling är att ersätta bensinmotorer med dieselmotorer. Genom användning av nya material har motorer kunnat anpassas till lägre vikter. Utvecklingen av lätta dieselmotorer har pågått för personbilar i många år. Vissa nya flygmaskiner har dieselmotorer och ytterligare en fördel är dieslemotorns högre verkningsgrad vilket ger lägre bränsleförbrukning. Normalt tankas dessa flygmaskiner med Jet A1 som är den vanliga flygfotogenen till jetplan.

4.4 Befintliga flygbensiner

Av speciellt intresse är här dagens bensintyper som snabbt kan ersätta den blyade kvaliteten 100LL. Det kommer att vara svårt att ersätta bränslet till alla flygplan då en del motorer kräver höga oktantal som förnärvarande endast kan nås med blytillsats. En speciell grupp av dessa är gamla flygplan som kräver mycket höga oktantal vilket erhålls med högre blyhalter i bensinen än i 100LL.

4.4.1 100LL

Har högt motoroktantal 100. Beteckningen LL står för "Low Lead" Det höga oktantalet nås genom val av högoktaniga komponenter som fås vid oljeraffinering. Framförallt används alkylatbensin med tillsats av tetraetylblead med en halt av maximalt 0,56 gram/liter samt en halogenförening som rensar cylindrarna från oorganiska blyavsättningar. Standarden för tillverkning av denna kvalitet har begränsningar i kokpunktskurvan (bensinen och dess stelningpunkt som gör att aromhalten hålls nere i bensinen). Aromater har hög kokpunkt och bensen hög stelningpunkt. LL100 finns välspredd på flygplatserna i Sverige. Denna bensin är tillverkad enligt ASTM D-910 standarden.

4.4.2 Avgas 91/96 UL

Grundoktantalet är 91 för mätning vid normala betingelser. Denna bensin har även sålts under annat namn: Hjelmc 91/96 UL och med andra varianter av oktantal: Avgas 91/98 UL, Hjelmc 91/98. Dessa bensiner uppfyller ASTM standard D910 dock inte för oktantalet och D7547 standarden för flygbensin. Blyhalten anges till maximalt 0,005 g/liter. Vilket är samma halt som i förslaget i denna rapport. Denna bensin tillverkas och marknadsförs i Sverige.

4.4.3 Polsk Avgas 91UL

Det är en liknande bensin som Avgas 91/96 UL som beskrivs i stycket ovan. Bensinen tillverkas i Polen. Denna bensin uppfyller D910 standarden för flygbensin. Dock inte för oktantalet. Blyhalten anges till maximalt 0,005 g/liter. Vilket är samma som anges i detta förslag vilket borde medföra att det inte är något problem.

4.4.4 Avgas 82 UL

Avgas 82UL är en relativt ny bensin som säljs av Shell för de motorer som inte kräver högt oktantal och är designade för oblyad bensin. Denna bensin specificeras av standarden ASTM D 6227. Bensinen har högre ångtryck och

bredare destillationsintervall än 100LL och kan tillverkas från bilbensin. Den kan användas till motorer som klarar att köras på bilbensin. Tidigare sålde även Hjelmsco Oil variant av denna bensintyp

4.5 Miljöeffekter för blyfritt flygbränsle

Den stora skillnaden på det blyfria flygbränslet och det blyade bränslet är just blyet och den medföljande halogenföreningen. Det innebär att alternativa blyfria bränslen som man kan tänka sig idag inte kommer att leda till ändrade miljöeffekter. I framtiden kan det komma andra föreningar för att höja oktantalet. Dessa kan komma att ge negativa miljöeffekter. I flygsammanhang kan man inte öka aromathalten eftersom kokpunktskurvan sätter begränsning till kanske 25 %. Bensins höga smältpunkt på 6 grader C gör det i praktiken oanvändbart som kolväte i flygbensin som ju skall vara flytande utan grumling ner till -58 grader C. Eftersom införandet av blyfri bensin leder till lägre oktantal måste kompressionen hos motorer sänkas. Detta leder till sämre verkningsgrad och högre koldioxidutsläpp jämfört med om ingen förändring skedde. Det är dock svårt att kvantifiera denna ökade mängd speciellt som kg koldioxid per kg minskat utsläpp av bly.

5 FÖRSLAG TILL LAGSKRIVNING

Förslag på specificering av en blyfri flygbensin:

En bensin för flygändamål som uppfyller ASTM D 910 eller D 7547 med maximal blymängd som anges i lagen 2001:1080, d.v.s. max 0,005 gram per liter.

Aktuella standarder för flygbensin är nuvarande: ASTM D910, ASTM D6227 och ASTM D7547. I framtiden kan det även komma nya och äldre standarder kan aktiveras. Som alternativ kan man göra en skrivning utan att hänvisa till ASTM metoderna. Men detta är svårt eftersom det är många krav och egenskaper som är viktiga för ett flygbränsle. En sådan beskrivning blir lång och torde även försvåra införandet av blyfri flygbensin

6 DISKUSSION

Om det införs en bonus för blyfri flygbensin kommer takten i utfasningen av bly i bensinen att vara högre än om inget görs. Om inget görs kommer troligen mängden bly att minska genom att nya motorer klarar lägre oktantal och kan använda blyfria bensintyper både avsedda för flyg och bil. Utvecklingen mot dieselmotorer har bara börjat. Eftersom dessa har bättre verkningsgrad kommer de att öka marknadsdelen jämfört med bensinmotorn, på samma sätt och av samma orsak som skett i bilvärlden de senaste åren. Det pågår även arbete att sänka blyhalten i flygbränslet 100LL genom att kunna använda oxygenater eller andra oktantalshöjare istället för tetraetylbly – samtidigt behålla oktantalet. Detta kräver dock en ändring av ASTM D910 eller en ny ASTM standard, vilket torde ta tid

Valet av 0,005 % bly som maximalgräns är lämplig för att det finns idag bränslen två flygbensiner som uppfyller denna gräns. Dessutom har man stöd i lagen för bilbensin som också har denna gräns idag. Man kan också tänka sig en lägre gräns 0,002 som idag gäller för alkylatbensin. Med motivering att flygbensin till stor del just består av alkylat så kunde även 0,002 % utgöra maximal gräns. Det bör dock nämnas att under en lång övergångstid kommer samma bolag som tillverkar den blyfria flygbensinen också tillverka och distribuera blyad bensin.

7 REFERENSER

- 1) Gevert Börje och Sven Järås, Kemisk Teknologi och Teknisk kemi, upplaga 7, Chalmers, 2004 sidorna 347-350.
- 2) Underlagsrapport om regeringsuppdraget om bly i ammunition, Rapport 5624, Naturvårdsverket, 2006.
- 3) Hjelmc o oil, Safety data sheet, Avgas 91/96 UL
- 4) OBR PR, Technical Specification, Aviation Gasoline AVGAS91UL Issue 2.
- 5) Standards för flygbensin: ASTM D910, ASTM D6227 och ASTM D7547.

- 6) <http://www.shell.com/home/content/aviation/products/fuels/types/avgas/>
2010-08-20.