



ONDERZOEKRAAD
VOOR VEILIGHEID

Noodlanding na motorstoring Diamond DA-40



Noodlanding na motorstoring Diamond DA-40D

Den Haag, juli 2014

De rapporten van de Onderzoeksraad voor Veiligheid zijn openbaar.

Alle rapporten zijn beschikbaar via de website van de Onderzoeksraad www.onderzoeksraad.nl

Bron coverfoto: Airnieuws

De Onderzoeksraad voor Veiligheid

In Nederland wordt ernaar gestreefd het gevaar van ongevallen en incidenten zoveel mogelijk te beperken. Wanneer het toch (bijna) misgaat, kan herhaling voorkomen worden door, los van de schuldvraag, goed onderzoek te doen naar de oorzaak. Het is dan van belang dat het onderzoek onafhankelijk van de betrokken partijen plaatsvindt. De Onderzoeksraad voor Veiligheid kiest daarom zelf zijn onderzoeken en houdt daarbij rekening met de afhankelijkheidspositie van burgers ten opzichte van overheden en bedrijven. De Onderzoeksraad is in een aantal gevallen verplicht onderzoek te doen.

Onderzoeksraad

Voorzitter: mr. T.H.J. Joustra
prof. mr. dr. E.R. Muller
prof. dr. P.L. Meurs

Algemeen secretaris: mr. M. Visser

Bezoekadres: Anna van Saksenlaan 50
2593 HT Den Haag

Postadres: Postbus 95404
2509 CK Den Haag

Telefoon: +31 (0)70 333 7000

Telefax: +31 (0)70 333 7077

Internet: www.onderzoeksraad.nl

INHOUD

Algemeen	5
Samenvatting	6
Feitelijke informatie	7
Onderzoek en analyse.....	10
Conclusie	17



Figuur 1: De PH-XJB. (Bron: Airnieuws)

Algemene informatie

Identificatienummer	2012028
Classificatie:	Ernstig incident
Datum, tijdstip ¹ van het voorval:	21 maart 2012, ongeveer 11.15 uur
Locatie van het voorval:	Nabij Hollandse Brug, Muiden
Registratie vliegtuig:	PH-XJB
Model vliegtuig:	Diamond DA-40D
Type vliegtuig:	Eenmotorig
Type vlucht:	Privé vlucht
Fase van operatie:	En route
Schade aan vliegtuig:	Vernielde motor
Cockpitbemanning:	Eén
Aantal passagiers:	Eén
Letsel:	Geen
Overige schade:	Geen
Lichtomstandigheden:	Daglicht

¹ Alle in dit rapport vermelde tijden hebben betrekking op de lokale tijd, tenzij anders vermeld.

SAMENVATTING

Tijdens de kruisvlucht hoorden de inzittenden een luide knal, waarna de motor vastliep. De piloot heeft daarop in een weiland een succesvolle noodlanding gemaakt en beide inzittenden doorstonden de landing ongedeerd. Na de noodlanding bleek de motorbeplating vol olie te zitten. Een inspectie van de motor wees uit dat er twee gaten in de motorbehuizing zaten, waardoor de drijfstang van cilinder nummer 3 naar buiten stak.

Verloop van de vlucht

Het vliegtuig met registratie PH-XJB is opgestegen van Lelystad Airport (EHLE) voor een lokale vlucht van ongeveer 1,5 uur. Aan boord bevonden zich de piloot en een passagier. De kruishoogte bedroeg 1000 voet en de luchtsnelheid 120 knopen, wat overeenkomt met een instelling van 70% van het motorvermogen. Totdat het probleem optrad, heeft de piloot geen afwijkende motorparameters waargenomen.

Plotseling hoorde de piloot een luide knal, waarna alle motorvermogen wegviel. Volgens de piloot viel het motorvermogen volledig onverwachts weg: er waren geen aanwijzingen voor een op handen zijnde motorstoring, zoals buitensporig lawaai, trillingen enzovoorts. Nadat het motorvermogen weg viel, was een ratelend geluid hoorbaar dat afkomstig was uit de motorruimte.

De piloot bereidde een noodlanding voor en schakelde de 'Engine Master'-schakelaar uit, zond een eerste noodsein uit en zette de nadering in, in de richting van een nabijgelegen, voor de landing geschikt veld. Tijdens de nadering heeft de piloot de 'Engine Master'-schakelaar weer ingeschakeld in een poging de motor te herstarten. Na een tweede noodsein te hebben uitgezonden, heeft de piloot de 'Engine Master'-schakelaar weer uitgeschakeld, omdat een brandlucht werd geroken.

Bij het indraaien voor de eindnadering heeft de piloot de 'Electric Master'-schakelaar weer (kort) ingeschakeld om de kleppen naar 10 graden te kunnen neerlaten. Volgens de piloot heeft hij zijn toestel met een luchtsnelheid van 70 knopen in een weiland neergezet en is hij op het moment dat het vliegtuig de grond raakte, vol in de remmen gegaan. Na ongeveer 150 meter kwam het vliegtuig tot stilstand. Beide inzittenden hebben het vliegtuig ongedeerd verlaten. De motorbeplating bleek vol olie te zitten. Zie figuur 2.



Figuur 2: Met olie besmeurde motorbeplating. (Bron: Wings over Holland)

Informatie bemanning

Het vliegtuig werd bestuurd door een 22-jarige man die in het bezit was van een Private Pilot Licence (PPL(A)) met een rating voor eenmotorige vliegtuigen (SEP). Hij was tevens in het bezit van een geldige medische verklaring, klasse II.

Totaal aantal vlieguren	95
Aantal vlieguren op de DA-40D	9

Tabel 1: Vliegervaring van de piloot.

Het vliegtuig en de motor

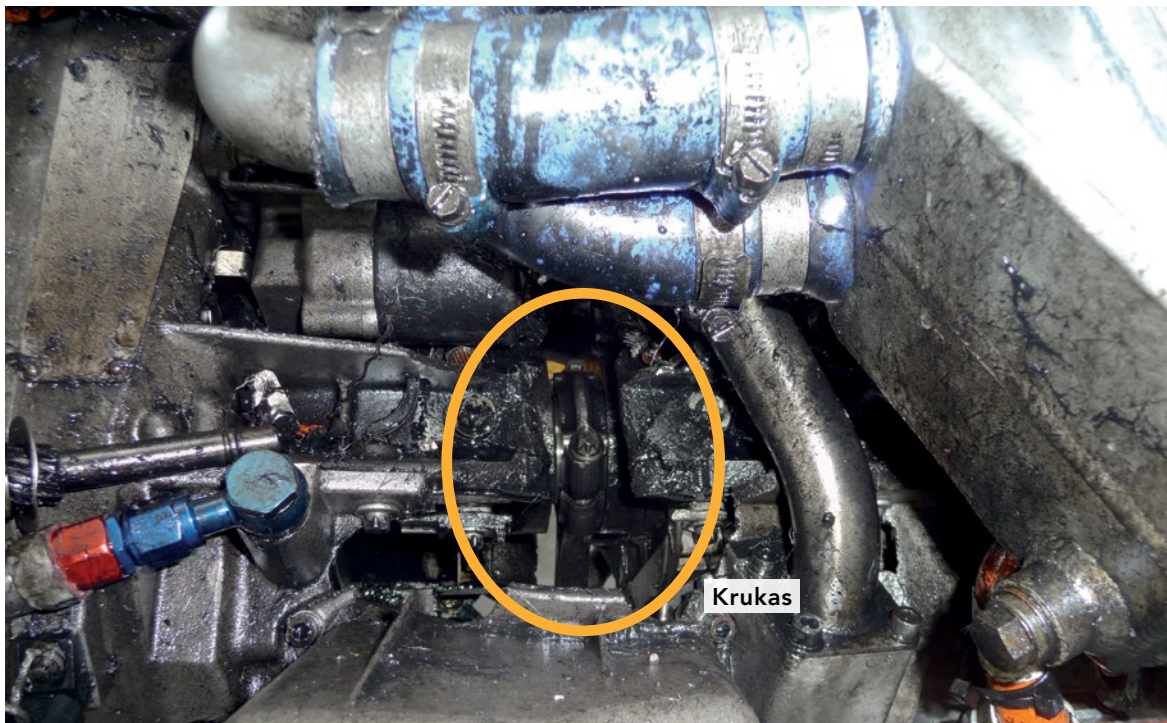
De Diamond DA-40D is een vierpersoons, eenmotorig sportvliegtuig, dat is gebouwd met composietmaterialen. Het heeft een vast landingsgestel met neuswiel, laag geplaatste vleugels en een T-staart. Het vliegtuig wordt aangedreven door een TAE 125-01 4-cilinder automotor die op diesel loopt. Het betreft een gemodificeerde autodieselmotor met een cilinderinhoud van 1,7 liter. De motor is vloeistofgekoeld, is voorzien van een turbo-compressor en levert 99 kW (135 pk) bij 3.900 tpm. Hij beschikt over twee gescheiden oliesystemen, een voor de motor en een voor de tandwielkast. De olie wordt gebruikt om de motor- en tandwielkastonderdelen te smeren en te koelen. Volgens de fabrikant: 'heeft

de vliegtuigmotor een bewezen levensduur van 1000 vlieguren of 12 jaar, al naar gelang welke situatie zich als eerste voordoet. Uit veiligheidsoverwegingen wordt sterk aanbevolen de gehele vliegtuigmotor te vervangen na 1000 vlieguren of 12 jaar, al naar gelang welke situatie zich als eerste voordoet; Time Between Replacement (TBR)². Volgens de fabrikant zijn tussen 2002 en 2006 ongeveer 1300 TAE 125-01-motoren gebouwd. Volgens hem zijn nog altijd 700 van deze motoren in gebruik. De fabrikant vereist dat jaarlijks, op het moment dat een motor een servicebeurt krijgt of ander onderhoud aan een motor wordt verricht, gegevens over deze motor aan hem worden verstrekt. In de afgelopen 52 weken (stand in maart 2014) heeft TAE gegevens over 520 van de nog in gebruik zijnde 700 motoren ontvangen.

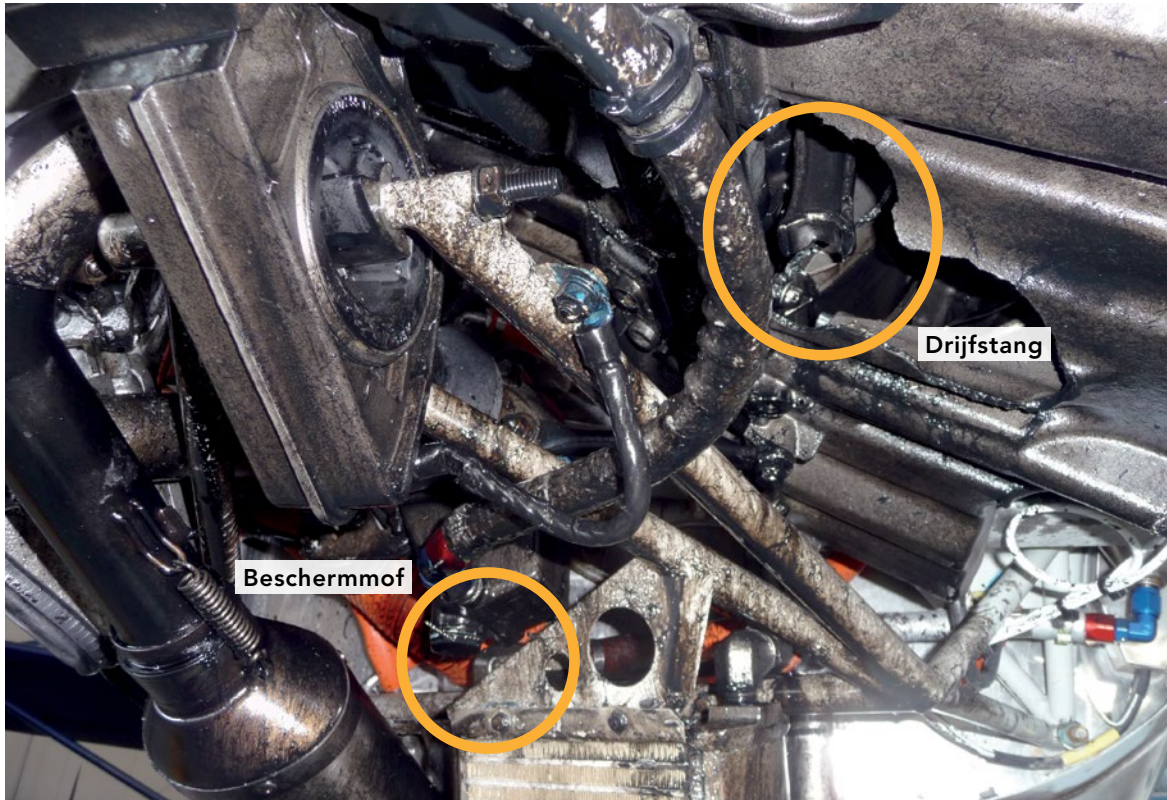
² Voor de kern van de motor is een aanbevolen motorlevensduur vastgesteld. De Time Between Replacement (TBR) is gepubliceerd in Service Bulletin (SB) TM TAE 125-0001.

Motorschade

Na het voorval is het vliegtuig voor een eerste onderzoek naar een onderhoudsfaciliteit gebracht. Uit dit onderzoek is gebleken dat er links bovenin de motorbehuizing een gat zat. Door dit gat was de krukas te zien. Zie figuur 3. Linksonder was een tweede gat te zien, waardoor een deel van een drijfstang naar buiten stak. Zie figuur 4. Bovendien was de motorruimte met motorolie besmeurd. Er werden geen sporen van brand aangetroffen.



Figuur 3: Linkerbovenzijde motor. (Bron: Wings over Holland)



Figuur 4: Linkeronderzijde motor. (Bron: Wings over Holland)

De motor is uit het vliegtuig verwijderd en voor demontage en nader onderzoek naar de motorfabrikant in Duitsland gestuurd. Bij de demontage was een onderzoeker van de Duitse Bundesstelle für Flugunfalluntersuchung (BFU) aanwezig, die de Onderzoeksraad vertegenwoordigde.

Uit het onderzoek kwam geen algemeen, algeheel tekort aan smering naar voren. Alle vier oliesproeiers voor de zuigerkoeling zaten op hun plaats. De bovenste helft van het zuigerpenooglager van drijfstang nummer 3 ontbrak. Drijfstang nummer 3 was licht verbogen en de breukvlakken en het oppervlak van het zuigerpenooglager waren volledig vervormd. Zie figuur 5.

Vanwege het onderzoek is het carter vlakbij cilinder nummer 3 doorgezaagd om bij belangrijke motoronderdelen te kunnen komen en nog meer krassen op de zuiger en het cilinderoppervlak te voorkomen. Door mechanische beschadiging van de drijfstang kon het mechanische faalmechanisme niet worden achterhaald aan de hand van het breukvlak. Er was sprake van ernstige beschadiging aan de onderzijde en de mantel van zuiger nummer 3. Zie figuur 6. De zuigerpen ontbrak.

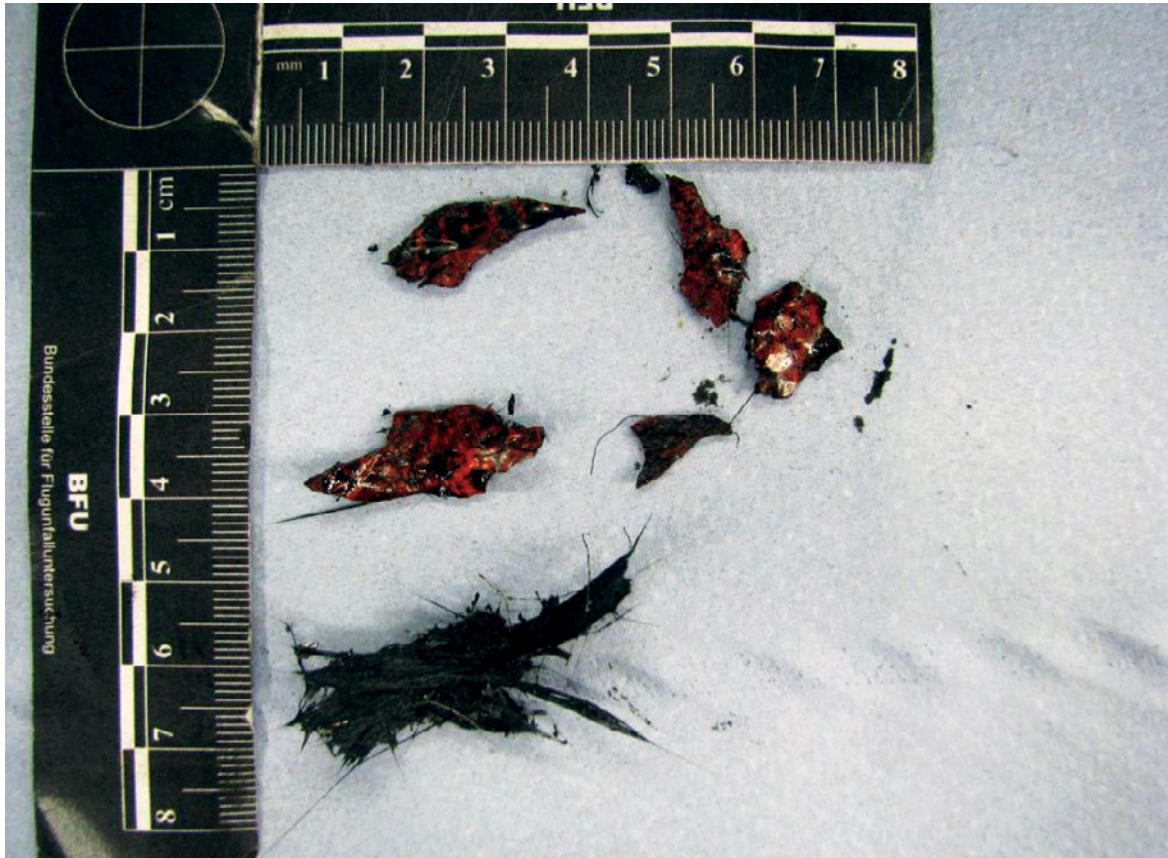


Figuur 5: Zuigerpenooglager. (Bron: BFU)



Figuur 6: Zuiger nummer 3 met brandwerende beschermmof deeltje. (Bron: BFU)

Op zuiger nummer 3 en in de verbrandingskamer zijn rode rubberen deeltjes en niet-metalen vezels aangetroffen. Zie figuur 7. Volgens de motorfabrikant zijn het rubber en de vezels afkomstig van de brandwerende beschermmof van een van de olieslangen die aan de buitenzijde langs het motorblok liepen. De brandwerende beschermmof wordt gebruikt voor zowel brandstof- als olieslangen en om beschadiging van leidingen te voorkomen. Tijdens het onderzoek is bovenop de motor een beschadigde slang aangetroffen. Uitgezonderd de schade door overbelasting in cilinder nummer 3, verkeerden alle overige cilinders in goede staat, zonder noemenswaardige slijtage.



Figuur 7: Rode rubberen deeltjes en vezels aangetroffen op zuiger nummer 3 en in de verbrandingskamer.
(Bron: BFU)

Analyse van digitale data

Het vliegtuig was uitgerust met een FADEC-unit (Full Authority Digital Engine Control) om de motor te regelen. De FADEC-unit zorgt niet alleen voor een efficiënt werkende motor, maar hij registreert ook data over motorparameters en waarschuwingen. De FADEC-data van de PH-XJB zijn op verzoek van de Onderzoeksraad gedownload en vervolgens door de Onderzoeksraad geanalyseerd. Uit de FADEC-data blijkt dat tijdens de vlucht geen motorparameters zijn overschreden. Tijdens de vlucht zijn vijf FADEC-waarschuwingen geregistreerd. Uit analyses van de data blijkt dat al deze waarschuwingen ná de motorstoring werden gegeven. Daarom kunnen deze waarschuwingen als een gevolg van de motorschade worden beschouwd. De totale motorlooptijd bedroeg 807 uur, inclusief de voorvalvlucht/ongevalsvlucht.

Volgorde gebeurtenissen motorstoring

Omdat het zuigerpenooglager een van de zwaarst belaste lagers van een zuigermotor is, wordt aangenomen dat het probleem is begonnen bij een defect zuigerpenooglager van drijfstang nummer 3. Dientengevolge kon de losgeslagen drijfstang vrij bewegen, raakte die licht verbogen en maakte die twee gaten in het carter.

De vezels van de brandwerende beschermmof zijn in het carter gevonden en konden zich daar al voor de motorstoring bevinden.

Volgens de motorfabrikant werd de motorstoring veroorzaakt door het stuk beschermmof dat per ongeluk, bijvoorbeeld tijdens onderhoud, in de luchtslang tussen de compressor en het inlaatspruitstuk is gevallen. Dit stuk is vervolgens de kleppen gepasseerd en tot kleine stukjes vernalen. Door de vezels en de zeer kleine rubberdeeltjes kon de zuigerveer niet vrij draaien, waardoor de warmteoverdracht tussen de zuiger en de cilinderwand iets werd gereduceerd. De zuiger nam daardoor lichtelijk in grootte toe en liep uiteindelijk vast door de vezels en de rubberdeeltjes die zich tussen de zuigerveer en de cilinderwand bevonden. Hierdoor raakte de drijfstangkop defect. Dit bleek duidelijk uit het feit dat de zuigers bij de demontage niet uit de cilinderboringen konden worden verwijderd. Het stuk van de brandwerende beschermmof werd aan beide zijden van het cilinderoppervlak aangetroffen. Nadat de cilinderboring werd ingezaagd, kon de zuiger gemakkelijk worden verwijderd. Er waren geen tekenen van wrijvingslassen, noch op de zuigerveer, noch op de cilinderwand. Er bevonden zich geen ernstige krassen op de cilinderwand en er waren geen tekenen van ernstige oververhitting, wat betekent dat voldoende motorolie aanwezig was.

Ofschoon de door de fabrikant geopperde opeenvolging van gebeurtenissen een plausible oorzaak van de storing zou kunnen zijn, had de Onderzoeksraad graag meer ondersteunend bewijs gezien, bijvoorbeeld lokale oververhitting. Volgens het onderhoudsbedrijf is het laatste onderhoud 103 vlieguren voor het voorval uitgevoerd. Daarnaast is de luchtslang tussen de compressor en het inlaatspruitstuk tijdens de levensduur van de motor niet vervangen. Er kon niet worden vastgesteld hoe de vezels voorafgaande aan het voorval in het inlaatspruitstuk terecht konden komen. Dat aan beide zijden van de cilinder kleine vezels aanwezig waren, kan ook het gevolg zijn, en niet de oorzaak, van de bij de motorstoring ontstane schade. Tijdens het onderzoek is bovenop de motor een beschadigde mof met vezels aangetroffen. Deze stukken brandwerende mof kunnen op de zuiger zijn gevallen en daar zijn gaan vastzitten. De Onderzoeksraad is daarom van mening dat ten gevolge van door het voorval veroorzaakte schade geen absolute oorzaak voor het defect raken van het zuigerpenooglager kan worden aangewezen.

Soortgelijke gebeurtenissen

Op 2 juli 2005 vond een soortgelijke gebeurtenis plaats in Noorwegen. De Accident Investigation Board Norway (AIBN) heeft een ernstig incident onderzocht met een Diamond DA-40D met als registratie LN-NEX³. De schade aan zuiger en drijfstang nummer 3 vertoonde gelijkenissen met die van de PH-XJB. Bij de LN-NEX werd de motorstoring veroorzaakt door een drijfstang die een breuk in het zuigerpenooglager veroorzaakte.

3 <http://www.aibn.no/Aviation/Reports/2011-20-eng>.

De drijfstang, die daardoor alleen nog vast zat aan de krukas, doorboorde het carter, waarna de motor stopte. De kleurverschillen van de zuigers van deze motor geven aan dat zij veel heter zijn geweest dan een vergelijkbare zuiger die 1000 uur heeft gewerkt.

De kleurverschillen op de zuigerpennen zijn een teken van blootstelling aan hoge temperaturen. Uit gedownloade FADEC-data kon de AIBN opmaken dat ongeveer 2,5 maand en 40 vlieguren voor de gebeurtenis de motor gedurende korte tijd met onvoldoende olie en een lage motoroliedruk (2,1 bar) heeft gedraaid. De oliedruk lag echter wel ruimschoots boven de minimumoliedruk (1 bar) die door de fabrikant wordt voorgeschreven. Er kon niet worden vastgesteld of de motor kortstondig (hoog oliegebruik tijdens één vlucht) met een laag oliepeil (minimumoliepeil is 4,5 liter; er was 3 liter aanwezig na de motorstoring) heeft gedraaid of dat de motor meerdere uren met een laag oliepeil heeft gedraaid. Ondanks dat de oliedruk ruimschoots boven het voorgeschreven minimum lag, concludeerde de motorfabrikant dat het te lage olieniveau tot oververhitting binnen de motor en uiteindelijk tot de motorstoring heeft geleid. Er werden in dit geval geen vezels of stukken rubber tussen de zuiger en de cilinderwand aangetroffen.

De AIBN deed de aanbeveling om in het vlieghandboek de waarschuwing op te nemen dat een lage oliedruk (gele waarschuwing) tot beschadiging van de motor kan leiden. In november 2013 werd de Onderzoeksraad door de motorfabrikant geïnformeerd dat het oliedrukwaarschuwingssysteem opnieuw was bekeken en als toereikend was beoordeeld. De vorenbedoelde waarschuwing is tot op heden niet in het vlieghandboek opgenomen.

Op 9 september 2008 vond een soortgelijke gebeurtenis plaats in Duitsland. De Duitse Bundesstelle für Flugunfalluntersuchung (BFU) onderzocht dit ongeval met een Diamond DA-40D. De motorstoring trad op bij ongeveer 692 uur. Hierbij werd cilinder nummer 1 van de motor beschadigd, maar door de omvangrijke schade kon de oorzaak van het defect niet worden vastgesteld. Er werden in dit geval geen vezels of stukken rubber tussen de zuiger en de cilinderwand aangetroffen.

De waargenomen schade bij de incidenten met de LN-NEX en de PH-XJB lijkt identiek te zijn. In beide gevallen is cilinder/zuiger-combinatie nummer 3 getroffen en in beide gevallen heeft de drijfstang het carter doorboord. Anders dan in het Noorse geval, zijn bij de PH-XJB geen aanwijzingen gevonden dat de motor met een laag oliepeil of een lage oliedruk heeft gedraaid. Gedurende de levensduur van de motor zijn geen FADEC-waarschuwingen voor lage oliedruk geregistreerd. Ook bij de PH-XJB waren geen zichtbare tekenen van oververhitting op de zuigers en de zuigerpennen te vinden. Vanwege de omvangrijke motorschade in het Duitse geval, kon het faalmechanisme niet worden achterhaald. In alle drie gevallen werd het carter echter doorboord.

Levensduurlijm van de motor

De Thielert TAE 125-01-motor is de eerste generatie van dit type dieselmotor, die is aangepast om in vliegtuigen te kunnen worden toegepast en in 2002 is gecertificeerd. De fabrikant adviseert deze motor na 1000 vlieguren te vervangen. Andere door deze

fabrikant geproduceerde motortypes hebben een levensduurlimiet van 1200 en 1500 uur, met een doorlopend programma voor levensduurverlenging. Vanwege de voor de fabricage van het carter gebruikte materialen, behoort nabewerking of revisie niet tot de mogelijkheden.

Als onderdeel van doorlopende activiteiten omtrent de luchtwaardigheid (continued airworthiness) volgt het Europees Agentschap voor de veiligheid van de luchtvaart (EASA) de gevallen waarin TAE-motoren tijdens de vlucht uitvallen. Volgens EASA is de uitvalkans van de TAE-dieselmotor vergelijkbaar met die van andere zuigermotoren voor vliegtuigen. Bovendien biedt de door de fabrikant aanbevolen Time Between Replacement (TBR) geen levensduurgarantie, wat ook het geval is voor de Time Between Overhaul (TBO) van andere motoren. Volgens de motorfabrikant is de TBR een onderhoudsinterval en bestaat voor geen enkele TAE-motor een levensduurlimiet.

Hoewel uit een vergelijking van de motoruitvalkans vergelijkbare prestaties naar voren komen tussen een TAE-dieselmotor met TBR en een vliegtuigmotor met TBO, bestaat er een verschil in motorontwerp en productiefilosofie. Een bewezen levensduur zoals die wordt beschreven in het SB, is geen vaststaande term. Volgens de motorfabrikant vormt die geen beperking voor de luchtwaardigheid of een definiëring voor een onderdeel met beperkte levensduur.

CONCLUSIE

De motorfabrikant concludeert dat de motorstoring werd veroorzaakt door een stuk brandwerende mof (vreemd voorwerp) in de motor, waardoor de zuigergrootte toenam, met vastklemming tot gevolg. Daardoor brak de drijfstang en trad de motorstoring op.

De Onderzoeksraad concludeert dat voor de conclusie van de fabrikant geen sluitend bewijs kan worden geleverd. De motorstoring is waarschijnlijk veroorzaakt door een niet vast te stellen faal mechanisme van het zuigerpenlager van drijfstang nummer 3. Drijfstang nummer 3 kwam daardoor los, beschadigde vervolgens zuiger nummer 3 en drong door het carter. De ontwikkeling van de motorstoring kon niet van begin tot eind worden vastgesteld vanwege een gebrek aan bewijs en vanwege schade ten gevolge van de storing.

Dit onderzoek heeft aangetoond dat in ten minste drie gevallen de aanbevolen motorlevensduur van de 700 TAE 125-01-motoren niet is gehaald.

**Bezoekadres**

Anna van Saksenlaan 50
2593 HT Den Haag
T 070 333 70 00
F 070 333 70 77

Postadres

Postbus 95404
2509 CK Den Haag

www.onderzoeksraad.nl