CAAF/2-WP/07
17/8/17

منظمة الطيران المدني الدولي

ورقة عمل

مؤتمر الطيران وأنواع الوقود البديلة

مدينة مكسيكو، المكسيك، من ١١ إلى ٢٠١٧/١٠/١٣

البند ١ من جدول الأعمال: آخر تطورات الأبحاث المتعلّقة بأنواع وقود الطيران البديلة وترخيصها

الوضع القائم للترخيص الفني لأنواع وقود الطيران البديلة

(ورقة مقدمة من الأمانة العامة للإيكاو)

الموجز

تقدّم هذه الورقة وصفاً مفصلاً للمواصفات الحالية لأنواع وقود الطيران البديلة، وإجراءات التحويل المعتمدة حالياً لإنتاج أنواع وقود الطيران البديلة، فضلا عن إجراءات التحويل التي تخضع حاليا للتقييم. وتعرض الورقة أيضا التحديات المقترنة بالترخيص الفني، وكذلك الوسائل الممكنة لتجاوز هذه التحديات.

ويرد الإجراء المعروض على المؤتمر في الفقرة ٥.

١- المقدمة

١-١ كما ورد في ورقة العمل CAAF/2-WP/01، هناك نوعان من الترخيص لهما صلة بأنواع وقود الطيران البديلة: الترخيص الفني، الذي يضمن امتثال الوقود للخصائص المطلوبة لاستخدامه في الطائرات الحالية؛ (ب) ترخيص الاستدامة، الذي يضمن امتثال أحد أنواع وقود الطيران البديل لمعايير الاستدامة المحددة، وبذلك يُعتبر وقود مُستدام في مجال الطيران. وتركّز هذه الورقة على الترخيص الفني لأنواع وقود الطيران البديلة.

١-٢ وقد شهدت الترخيص الفني لأنواع الطيران وقود البديلة تطوراً هائلاً منذ انعقاد المؤتمر الأول للطيران وأنواع الوقود البديلة (CAAF/1). ففي عام ٢٠٠٩، لم تكن هناك مواصفة خاصة بإنتاج أنواع وقود الطيران البديلة، أما اليوم، فتوجد في جميع أنحاء العالم مواصفات لأنواع وقود الطيران البديلة مثل المواصفة D-7566 الصادرة عن الجمعية الأمريكية الدولية للاختبار والمواد، والعدد ٩ من المواصفة 91-091 الصادرة عن وزارة الدفاع البريطانية (Def Stan)، والقرار 63/207 الصادر عن خطة الملاحة الجوية في البرازيل، والقانون الموحّد الفني للطيران المدني في الصين (CTSO) رقم 2C701.

١-٣ وتركّز هذه الورقة على المواصفات الخاصة بأنواع وقود الطيران البديلة الصادرة عن الجمعية الأمريكية الدولية للاختبار والمواد، وهي منظمة دولية تُعنى بوضع القواعد القياسية، إذ حظيت هذه المواصفات باعتراف على نطاق واسع على الصعيد الدولي. كما تعرض هذه الورقة وصفاً لإجراءات التحويل الخمسة التي تعتمدها حالياً الجمعية الأمريكية الدولية للاختبار والمواد فيما يخص إنتاج أنواع الوقود البديلة، وكذلك إجراءات التحويل التي تخضع حالياً للتقييم[١]. ويقدّم المرفق (أ) وصفاً فنياً أكثر تفصيلاً بشأن إجراءات التحويل هذه، ويقدّم المرفق (ب) مسرداً للمصطلحات الفنية المتصلة بإجراءات التحويل المبيّنة في هذه الورقة.

---

[١]- حلقة عمل عامة برعاية مكتب تكنولوجيات الطاقة الحيوية لكفاءة الطاقة والطاقة المتجددة (EERE)، *"أنواع وقود الطيران البديلة: استعراض التحديات المطروحة والفرص المتاحة والخطوات المقبلة"*، ماكون، الولايات المتحدة، وزارة كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة في الولايات المتحدة.

٢- إجراءات التحويل المعتمدة بوصفها مرفقات بالقاعدة القياسية D7566 الصادرة عن الجمعية الأمريكية الدولية للاختبار والمواد (ASTM)

٢-١ تشمل القاعدة القياسية D7566 الصادرة عن الجمعية الأمريكية الدولية للاختبار والمواد (ASTM) خمسة مرفقات تتضمن إجراءات التحويل المُعتمدة لإنتاج أنواع وقود الطيران البديلة. وترد في الجدول رقم ١ الخصائص الأساسية لإجراءات التحويل هذه، بما في ذلك المواد الخام المحتملة التي يمكن استخدامها في كل إجراء من إجراءات التحويل، إلى جانب الحد الأقصى من نسبة الخلط بالنسب لكل نوع من أنواع وقود الطيران البديلة.

الجدول رقم ١ – إجراءات التحويل المُعتمدة بوصفها مرفقات بالقاعدة القياسية D7566 الصادرة عن الجمعية الأمريكية الدولية للاختبار والمواد (ASTM)

المرفق	عملية التحويل	المختصر	المواد الخام المحتملة	نسبة الخلط بحسب الحجم	مقترحات الاستخدام التجاري
١	مركّب فيشر – ترويش، الوقود من الكيروسين البارفيني الاصطناعي	FT-SPK	الفحم زائد الغاز الطبيعي زائد الكتل الحيوية	٥٠٪	فولكروم بيو إينيرجي (Fulcrum Bioenergy)، رد روك بيو فيولز (Red Rock Biofuels)، إس دجي بريستن (SG Preston)، كايدي (Kaidi)، ساسول (Sasol)، شيل (Shell)، سنترواليوم (Syntroleum).
٢	الكيروسين البارفيني الاصطناعي المُنتج من إسترات وحمضيات دهنية معالجة بالجفاف	HEFA-SPK	الزيوت الحيوية، والدهون الحيوانية، والزيوت التي أُعيد تدويرها	٥٠٪	ألت إير فيولز (AltAir Fuels)، هانيويل أوب (Honeywell UOP)، نيستي أويل (Neste Oil)، داينامك فيولز (Dynamic Fuels)، إي إي آر سي (EERC).
٣	الآيسو–برافينات المُنتجة من السكريات المتخمرة الاصطناعية	SIP-HFS	الكتل الحيوية المُستخدمة لإنتاج السكر	١٠٪	أميريس (Amyris)، توتال (Total).
٤	الكيروسين العطري الاصطناعي المشتق من ألكلة مواد عطرية خفيفة من مصادر غير نفطية.	SPK/A	الفحم زائد الغاز الطبيعي زائد الكتل الحيوية	٥٠٪	ساسول (Sasol).
٥	الكيروسين البارفيني الاصطناعي من الكحول المتحول إلى وقود للطائرات النفاثة	ATJ-SPK	الكتل الحيوية المستخدمة لإنتاج النشويات والسكر، والكتل الحيوية السلولوزية لإنتاج الإيزوبوتانول.	٣٠٪	جيفو (Gevo)، كوبالت (Cobalt)، هانيويل أوب (Honeywell UOP)، لانزاتيك (Lanzatech)، سويديش بيو فيولز (Swedish Biofuels)، بيوجي (Byogy).

+ لا تُعتبر هذه المواد الخام متجددة وبالتالي فهي غير مناسبة لإنتاج الوقود البديل المستدام، ولكن يمكن استخدامها في إنتاج أنواع وقود الطيران البديلة لأغراض عسكرية.

٣- إجراءات التحويل الجديدة التي تخضع حالياً لعملية موافقة الجمعية الأمريكية الدولية للاختبار والمواد

٣-١ أُعِدت القاعدة القياسية D7566 الصادرة عن الجمعية الأمريكية الدولية للاختبار والمواد (ASTM) تيسيراً لتوسيع النطاق في المستقبل، وذلك كلما وُضعت أساليب جديدة لإنتاج أنواع وقود الطيران البديلة. كما أصدرت الجمعية المذكورة قاعدة قياسية تشمل وصفاً لعمليات الاختبار والتقييم الضرورية لدعم إصدار مرفق بالقاعدة القياسية D7566 لوضع عملية تحويل جديدة، كما تقدم وصفاً للأدوار التي يضطلع بها مصنّعو المحركات التوربينية الغازية في مجال الطيران والمعدات الأصلية للطائرات في عمليات الاختبار والتقييم. وتُسمّى هذه القاعدة القياسية D4054 الصادرة عن الجمعية المذكورة "القاعدة القياسية لتأهيل واعتماد أنواع الوقود الجديدة للطائرات التوربينية والمواد المضافة من الوقود".

٢-٣ وقد أُعدت القاعدة القياسية D4054 الصادرة عن هذه الجمعية من أجل توجيه مُنتجي أنواع وقود الطيران البديلة بشأن الأهداف المرتبطة بالاختبارات والملكية اللازمة لتقييم أنواع وقود البديلة المحتملة. وتعتبر القاعدة القياسية D4054 عملية تكرارية تُلزم مُعِدي الوقود اختبار عيّنات من هذا الوقود لقياس الخصائص والمكوّنات والأداء. ويشمل الاختبار أبرز خصائص المواصفات، والخصائص الموسعة التي تُسمى الخصائص الملائمة للغرض، واختبارات أجهزة المحركات ومكوناتها، وإجراء اختبار كامل للمحركات إذا اقتضت الضرورة. وهو ما يُعتبر عملية دقيقة للغاية تتطلب من الجهات المعنية في الجمعية الأمريكية الدولية للاختبار والمواد أن تشارك وتقدم انطباعاتها.

٣-٣ ويقدم الجدول رقم ٢ لمحة عامة عن إجراءات التحويل التي تخضع حاليا لعملية الموافقة لإدراجها كمرفق في القاعدة القياسية D7566 الصادرة عن الجمعية المذكورة.

الجدول رقم ٢: إجراءات التحويل التي تخضع حالياً لعملية موافقة الجمعية الأمريكية الدولية للاختبار والمواد

عملية التحويل	المختصر	المواد الخام المحتملة	مقترحات الاستخدام التجاري	ملاحظات
وقود الطائرات المحفز بالتحلل الحراري المائي إسترات وحمضيات دهنية معالجة بالجفاف ذات درجة تجمد عالية	CHJ/ HFP- HEFA	زيوت حيوية، ودهون حيوانية، وزيوت أعيد تدويرها.	شيفرون لاموس غلوبال (Chevron Lummus Global)، أبلايد ريسيرتش أسوسييتس (Applied Research Associates)، بلو سان إينيرجي (Blue Sun Energy).	تفاعلت الزيوت الحيوية مع المياه في ظروف درجات حرارة وضغط مرتفعة. يمكن الاستخدام بدون الحاجة للخلط.
المعالجة المشتركة للزيوت الحيوية في مصافي النفط القائمة	المعالجة المشتركة	الزيوت الحيوية	شيفرون (Chevron)، فيليب٦٦ (Phillips66)، دي بي (BP).[٢]	يقوم هذا النوع من المعالجة على معالجة الزيوت الحيوية مع إضافة قُطارات تقليدية متوسطة الحجم في مصفاة التكرير.
الكيروسين البارفيني الاصطناعي مع الكحول المتحول إلى وقود للطائرات.	ATJ-SPK (إلى جانب مركب الإيزوبوتانول).	الكتل الحيوية المستخدمة في إنتاج النشويات والسكر، والكتل الحيوية السلولوزية لإنتاج الكحول.	جيفو (Gevo)، (بوتانول)، لانزاتيك (LanzaTech) (الإيثانول).	تقوم الجمعية الأمريكية الدولية للاختبار والمواد بدراسة إمكانية إنتاج وقود الطائرات من البوتانول والإيثانول إضافة إلى الأيزوبوتانول الذي تم اعتماده بالفعل تحت مسمى ATJ-SPK، (المرفق ٥).
الكيروسين الاصطناعي العطري مع الكحول المتحول إلى وقود للطائرات	ATJ-SKA	الكتل الحيوية المستخدمة لإنتاج النشويات والسكر، والكتل الحيوية السلولوزية لإنتاج الكحول.	بيوجي (Byogy)، سويدش بيو فيولز (Swedish Biofuels)،	يتم إنتاج الوقود عن طريق المواد العطرية الحيوية لإتاحة نسبة أكبر من الخلط.
إسترات وحمضيات دهنية معالجة بالجفاف (النوع الأول)	الديزل الأخضر	الزيوت الحيوية، والدهون الحيوانية، والزيوت التي أُعيد تدويرها.	بوينغ (Boeing)	حصلت أول تجارب لرحلات باستخدام نسبة ١٥٪ من وقود الديزل الأخضر المخلوط (HEFA-diesel).[٣]

[٢] http://www.ccafi.org/resources/pdf/Coprocessing_of_HEFA_Feedstocks_with_Petroleum_Hydrocarbons_for_Jet_P roduction_J une192015.pdf

[٣] – Mawhood, R et al. ماوهود ر.(٢٠١٦). مسارات الإنتاج للوقود المتجدد للطائرات: استعراض الوضع التجاري القائم والآفاق المستقبلية "أنواع الوقود الحيوي والمنتجات الحيوية" 484-462:(4) 10

٤- الخلاصة

٤-١ شهدت عمليات الترخيص الفني لأنواع وقود الطيران البديلة تطوراً كبيراً منذ انعقاد المؤتمر الأول للطيران وأنواع الوقود البديلة الذي انعقد في عام ٢٠٠٩، حيث شكل وضع القاعدة القياسية D7566 الصادرة عن الجمعية الأمريكية الدولية للاختبار والمواد منعطفاً هاماً. ومن شأن وضع قاعدة قياسية موحدة ومعترف بها دولياً أن يجعل جميع الأطراف التي تُعنى بإنتاج وشراء واستخدام أنواع الوقود البديلة يثِقون في سلامة واستدامة الوقود المُستخدم.

٤-٢ غير أن الوقت والتكاليف المطلوبة للموافقة على إجراءات التحويل الجديدة لا تزال تشكل تحديات كبيرة لإيجاد مسارات جديدة لإنتاج أنواع وقود الطيران البديلة. ويتعين على الدول والجهات الصناعية المعنية العمل معاً من أجل توحيد وتبسيط عملية الموافقة على إجراءات التحويل الجديدة، بما يشمل مجموع مراحل تطوير وتوزيع الوقود بيما يعزز تنوّع إجراءات التحويل والمواد الخام لاستخدامها في إنتاج أنواع وقود الطيران البديلة.

٤-٣ ونظراً لسلسلة الإمدادات المعقدة المتصلة بقطاع أنواع وقود الطيران البديلة، ومختلف المواد الخام التي قد تُستخدم في إنتاج أنوع الوقود البديلة، والمعارف المطلوبة للترخيص الفني لأنواع وقود الطيران البديلة وإنتاجه، لا بد من إقامة تعاون عالمي ومتعدد التخصصات بين الدول للموافقة على إجراءات تحويل جديدة لإنتاج أنواع الوقود البديلة، والترخيص الفني للموردين الجُدد لأنواع الوقود البديلة. وسيترتب عن ذلك نتائج مفيدة على مستوى تنوّع أنواع الوقود البديلة وإتاحتها.

٥- الإجراء المعروض على المؤتمر الثاني للطيران وأنواع الوقود البديلة

٥-١ المؤتمر الثاني للطيران وأنواع الوقود البديلة مدعوٌّ إلى القيام بما يلي:

أ) الاقرار بأهمية وجود مواصفات مُعترف بها دوليا تتعلق بإجراءات التحويل المُستخدمة في إنتاج أنواع الوقود البديل؛

ب) تشجيع الدول على دعم الموافقة على إجراءات التحويل الجديدة التي هي في طور الإعداد؛

ج) الإقرار بالحاجة إلى إقامة تعاون عالمي ومتعدد التخصصات على مستوى الترخيص الفني؛

د) الاتفاق على الحاجة إلى تقليص الفترة الزمنية والتكاليف المطلوبة للترخيص الفني لأنواع وقود الطيران البديلة وإيجاد وسائل ووضع سياسات من أجل تحقيق هذا الهدف.

— — — — — — — —

APPENDIX A

CHEMICAL DESCRIPTION OF THE CONVERSION PROCESSES

Fischer-Tropsch hydroprocessed synthesized paraffinic kerosene (FT-SPK)

FT-SPK AAF is produced by thermally converting the feedstock into a synthesis gas that is then converted in a Fischer-Tropsch (FT) reactor into liquid hydrocarbons such as diesel or jet fuel. The FT synthesis can be described as a set of catalytic processes employing iron-based or cobalt catalysts depending on the synthesis temperature and desired products, e.g. gasoline, olefins, diesel, or paraffins. Ideally, FT-SPK feedstocks should contain high concentrations of carbon and hydrogen to increase the efficiency of this thermochemical process. Common feedstocks for FT synthesis are coal, natural gas, or biomass, however, coal and natural gas are not renewable and thus are not suitable for sustainable aviation fuel production. Biomass is renewable but often has a large variation in carbon content. A less common, but still renewable feedstock, is biogas produced from anaerobic digestion of organic matter, such as landfills, animal manure, and wastewater, or a mixture of liquid and solid biomass[4]. With this conversion process, up to 50% by volume of the FT-SPK component can be blended with conventional Jet A or Jet A-1 fuel.

Synthesized paraffinic kerosene produced from hydroprocessed esters and fatty acids (HEFA-SPK)

HEFA-SPK is produced by reacting an oil or fat-based feedstock with hydrogen. The primary feedstock are triglycerides, which are building blocks of fats and oils. They are derived from vegetables, animals, or waste oil found in nature. To account for the presence of oxygen and unsaturated carbon bonds, both deoxygenation and hydrogenation process steps are required to produce a saturated hydrocarbon fuel. With this conversion process, up to 50% by volume of the HEFA-SPK component can be blended with conventional Jet A, or Jet A-1 fuel.

Synthesized iso-paraffins produced from hydroprocessed fermented sugars (SIP-HFS)

SIP-HFS are synthetic hydrocarbons that are produced by hydroprocessing and fractionation of farnesene derived from the fermentation of sugars. This conversion is also known as direct sugars to hydrocarbons (DSHC). Possible sugar feedstocks can include sugar cane and beets, corn grain, and pretreated lignocellulosic biomass[5]. The sugars are aerobically fermented into a farnesene intermediate using yeast cells. To obtain farnesene, the intermediate is separated into a solid and liquid part and further into an oil and aqueous phase using centrifugation. With this conversion process, up to 10% by volume of the SIP-HFS component can be blended with conventional Jet A or Jet A-1 fuel.

Synthesized kerosene with aromatics derived by alkylation of light aromatics from non-petroleum sources (SPK/A)

[4] Jingura, R. M. et al., (2009). Optimization of biogas production by anaerobic digestion for sustainable energy development in Zimbabwe. *Renewable and Sustainable Energy Reviews 13 (5)*, 1116-1120.

[5] Staples, M. D. et al., (2014). Lifecycle greenhouse gas footprint and minimum selling price of renewable diesel and jet fuel from fermentation and advanced fermentation production technologies . *Energy & Environmental Science 7*, 1545-1554.

SPK/A stands for FT-SPK with increased aromatics content. A minimum of 8% aromatics is required in AAF blends to ensure sufficient seal swell to prevent fuel system leaks. Therefore, this synthesized fuel that includes aromatics can reach higher blend rates than the ones without aromatics inclusion. Similar feedstocks to those used to produce FT-SPK are used with alternative processing steps needed to produce aromatics. According to the ASTM D7566 specification, the SPK/A synthetic blending component shall be comprised of FT-SPK combined with synthesized aromatics from the alkylation of non-petroleum derived light aromatics, primarily benzene. With this conversion process, up to 50% by volume of the SPK/A component can be added to blended with conventional blinding components, Jet A, or Jet A-1 fuel.

Alcohol-to-jet synthetic paraffinic kerosene (ATJ-SPK)

ATJ-SPK is produced from isobutanol and processed through dehydration, oligomerization, hydrogenation, and fractionation. Possible feedstocks for isobutanol production include fermentable sugars, such as sugar cane and sugar beet, hydrolysed grain starch from wheat or corn, hydrolysed polysaccharides from lignocellulosic biomass, or wood sent through a thermochemical conversion[3]. As defined in the specification, up to 30% by volume of the ATJ-SPK component can be blended with conventional Jet A or Jet A-1 fuel.

Catalytic Hydrothermolysis Jet (CHJ) and Co-processing Jet

CHJ is a two-step process of catalytic hydrothermolysis and hydroprocessing. Possible feedstocks are triglyceride-based and include plant oils, waste oils, algal oils, and oils such as soybean oil, jatropha oil, camelina oil, carinata oil, and tung oil. In CHJ the selected feedstock is reacted with water in a supercritical phase to obtain a product resembling light crude oil. Reactions taking place in the hydrothermal process are cracking, hydrolysis, decarboxylation, isomerization, and cyclization. The intermediate is then hydroprocessed, obtaining a blend of diesel, jet fuel, naphtha, and liquefied petroleum gases, which are finally separated via distillation.

Like for CHJ, the feedstock for Co-processing Jet is triglyceride-based. Co-processing is based on the conversion of vegetable oil alongside middle distillates in existing refineries to reduce capital investment.

ATJ-SPK (ethanol)

The ASTM committee responsible for managing the D7566 approval process is reviewing production of jet fuel from alcohols in addition to isobutanol, which has already been approved as ATJ-SPK (Annex 5). Alternative jet fuel production from ethanol is currently in review. Once sufficient test data is collected for other alcohols, this annex may be extended further.

— — — — — — — —

APPENDIX B

GLOSSARY OF TECHNICAL TERMS ASSOCIATED WITH CONVERSION PROCESSES

Cracking describes the thermal decomposition of a substance.

Cyclization describes a molecule structure change resulting in a ring structure.

Decarboxylation describes the removal of one or several carboxyl groups i.e. COOH, from a molecule.

Dehydration describes the loss of a water molecule.

Deoxygenation describes a process for removing oxygen from oxygen containing compounds.

Farnesene describe branched alkene with the chemical formula: C15H24, consisting of isomers and containing at least (6E)-7,11-dimethyl-3methylene-1,6,10-dodecatriene or (E,E)-3,7,11-trimethyl-1,3,6,10-dodecatetraene.

Fractionation describes a gas/liquid separation and isolation of synthesized iso-paraffins, typically including a distillation step.

Hydrocracking describes the hydrogenation of larger or complex hydrocarbons, followed by cracking, to produce high-octane fuel.

Hydrogenation is a molecular reaction with hydrogen, often associated with the saturation of unsaturated hydrocarbons. It can be either catalytic or by thermal hydrolysis.

Hydrolysis describes a molecule decomposition by bond splitting and the addition of a hydrogen cation and the hydroxide anion of water.

Hydroprocessing describes several conventional chemical processes in which hydrogen is reacted with organic compounds in the presence of a catalyst to remove impurities such as hydrotreating, hydrogenation, or hydrocracking.

Hydrotreating reacts organic compounds with hydrogen to remove impurities such as oxygen, sulphur, and nitrogen.

Isomerization describes a molecule forming a different isomer.

Oligomerization describes the process of converting smaller molecules into intermediate sized ones

— END —