ROYAUME DU MAROC

OFFICE MAROCAIN DE LA PROPRIETE INDUSTRIELLE ET COMMERCIALE
---

(19)

المملكة المغربية
المكتب المغربي للملكية الصناعية و التجارية

(12) BREVET D'INVENTION

(11) N° de publication :
MA 60469 A1

(51) Cl. internationale :
B33Y 50/00; F02K 9/64

(43) Date de publication :
31.07.2023

---

(21) N° Dépôt :
60469

(22) Date de Dépôt :
23.10.2021

(30) Données de Priorité :
23.10.2020 IN 202041046382

(86) Données relatives à la demande internationale selon le PCT:
PCT/IN2021/051010 23.10.2021

(71) Demandeur(s) :
AGNIKUL COSMOS PRIVATE LIMITED, 910 SYNDICATE BANK COLONY ANNA NAGAR WEST EXTENSION, CHENNAI TAMIL NADU 600101 (IN)

(72) Inventeur(s) :
SHAH KHADRI, Syed Peer Mohamed ; RAVICHANDRAN, Srinath

(74) Mandataire :
CABINET EVA

---

(54) Titre : **CONCEPTION ET FABRICATION D'UN MOTEUR-FUSÉE MONOBLOC**

(57) Abrégé : L'invention concerne un moteur monobloc imprimé 3D à faible coût, intégré, et léger pour véhicules spatiaux. La figure 5 représente un moteur intégré qui comprend une chambre de combustion pour brûler le carburant, une plaque d'injecteur (504) pour injecter le carburant dans la chambre de combustion, un allumeur (502) pour allumer le mélange de carburant, une buse (506) pour le passage de gaz chaud afin de produire des canaux de poussée et de refroidissement (508) pour un refroidissement régénératif, tous ces composants étant fusionnés pour former un moteur intégré monobloc. Le moteur selon la présente invention élimine la nécessité d'assembler les composants individuels. En outre, le moteur est fabriqué de manière additive avec des matériaux aérospatiaux de première qualité.

تصميم وتصنيع محرك صواريخ من قطعة واحدة

المُلخص

يتعلق الاختراع الحالي بمحرك مطبوع ثلاثي الأبعاد من قطعة واحدة، متكامل، خفيف الوزن، مناسب من حيث التكلفة للمركبات الفضائية. يوضح الشكل 5 محرك متكامل يشتمل على غرفة احتراق لحرق الوقود، لوحة حاقن (504) لحقن الوقود بغرفة الاحتراق، مُشعل (502) لإشعال خليط الوقود، فوهة (506) لتمرير الغاز الساخن لإنتاج قنوات الدفع والتبريد (508) للتبريد المتجدد، حيث يتم دمج كل هذه المكونات لتشكيل محرك متكامل من قطعة واحدة. يلغي محرك الاختراع الحالي الحاجة إلى تجميع المكونات الفردية. بالإضافة إلى ذلك، يتم تصنيع المحرك بشكل إضافي بمواد فضائية عالية الجودة. بالتالي، يتم تقليل تكلفة وكتلة المحرك عند مقارنتها بالمحركات المصنعة تقليديًا، مما يؤدي إلى مهام متكررة.

تصميم وتصنيع محرك صواريخ من قطعة واحدة

الوصف الكامل

مجال الاختراع

يتعلق الاختراع الحالي بشكل عام بمحركات الدفع في المركبات الفضائية. بشكل أكثر تحديدًا، يتعلق بمحرك دفع متكامل مكون من قطعة واحدة، مطبوع ثلاثي الأبعاد يستخدم في مركبة إطلاق الأقمار الصناعية.

خلفية الاختراع

المحركات هي أجهزة ميكانيكية تستخدم لتحويل شكل واحد من الطاقة إلى طاقة ميكانيكية. بالأخص، تنتج محركات الدفع للمركبات الفضائية قوة دفع لدفع جسم ما إلى الأمام. الدفع هو القوة المطلوبة لتحريك صاروخ عبر الهواء والفضاء. تطور أنواع مختلفة من محركات الدفع بطرق مختلفة، لكن كل الدفع يعتمد على قانون نيوتن الثالث للحركة. في أي نظام دفع، يتم تسريع المادة الدافعة المخزنة والتفاعل مع هذا التسارع ينتج قوة على النظام. من ثم، من أجل إنتاج الدفع، يتم خلط الوقود الدافع للصواريخ وانفجاره في غرفة الاحتراق لإنتاج غاز ساخن يمر عبر الفتحات لإنتاج الدفع.

بشكل عام، هناك نوعان من المحركات المستخدمة في المركبات الفضائية بناءً على طبيعة الدافع. في حالة الصواريخ السائلة، يتم تخزين الدافع بشكل منفصل ويتم ضخه في غرفة الاحتراق حيث يحدث الاحتراق بينما في حالة الصواريخ الصلبة، يتم خلط الدافع السائل وحفظه في أسطوانة صلبة. سوف يحترق هذا الدافع الصلب المخزن فقط عند تعريضه للإشعال لإنتاج قوة الدفع.

تتمثل الممارسات التقليدية في السوق لتصنيع محرك صاروخ نموذجي في صنع آلاف المكونات الفرعية بعناية ثم لحامها أو تقويتها معًا. عناصر الحاقن، المكونات المسؤولة عن حقن الوقود في المحرك مصنوعة بشكل منفصل من حوالي 6-7 قطع من المعدن على آلة التحكم العددي بالكمبيوتر (CNC). ثم يتم لحام هذه القطع معًا بعناية لصنع عنصر حاقن واحد. يحتوي محرك الصاروخ النموذجي على عشرات إلى مئات من عناصر الحاقن. لذلك، يتم تجميع كل عنصر حاقن منفصل بعناية على لوحة معدنية ثم يتم لحامه باللوحة نفسها. بعد ذلك، يتم لحام ممرات السباكة بين عناصر الحاقن (الأنابيب الصغيرة أو المواسير) بعناية في الفجوات. يسمى هذا الهيكل الثقيل للتجميع للغاية لوحة الحاقن. يتم بعد ذلك لحام لوحة الحاقن هذه بقطعة أسطوانية من المعدن تسمى غرفة الاحتراق. يتم بعد ذلك لحام هذا المكون المتكامل مرة أخرى في الفوهة (والتي يتم تصنيعها بشكل منفصل عن طريق التشكيل أو الطحن). أخيرًا، يتم لحام قنوات التبريد (الأنابيب المعدنية أو المواسير) على طول الجزء الخارجي من المحرك للسماح بتدفق سائل التبريد. لذلك، وفقًا للممارسة التقليدية، يبلغ إجمالي محرك الصاروخ حوالي 1000 جزء. عادةً ما يُضاف المشعل أيضًا بشكل منفصل، مما يجعل تصنيعه أكثر تعقيدًا.

من ثم، من أجل إنتاج قوة الدفع، يلزم وجود مكونات متعددة مما يزيد من كتلة المحرك وتكلفته. بالإضافة إلى ذلك، كما ذكرنا، يجب تجميع هذه المكونات المتعددة بترتيب باستخدام البراغي والمسامير وتصنيعها بعناية باستخدام تقنيات مثل اللحام، التقوية، إلخ، حيث تكون متطلبات القوى العاملة، المعدات والتكلفة عالية.

بالإضافة إلى ذلك، يتم تصنيع جميع مكونات المحرك في أماكن مختلفة باستخدام مواد مختلفة، مما يستهلك المزيد من الوقت والتكلفة. بالإضافة إلى ذلك، فإن تجميع المكونات المختلفة لتشكيل محرك أمر شاق ومرهق.

يتعامل العديد من الأعمال الفنية السابقة مع تصنيع مكونات متعددة للمحرك وتجميعها لإنتاج محرك.

على سبيل المثال، براءة الاختراع الأوروبية رقم 3019722 لـ Dacunha Nelson et.al.، بعنوان " مكونات بوليمر مطلية لمحرك توربين غازي" تتعامل مع طريقة لطلاء الأجزاء المعدنية خفيفة الوزن التي يمكن دمجها في محركات التوربينات الغازية التي تشتمل على خطوات التشكيل يدويًا لمادة بوليمر ذات هندسة مرغوبة وطلاء السطح الخارجي لمادة البوليمر بطبقات معدنية باستخدام الطلاء غير الكهربائي، الطلاء الكهربائي، أو طريقة التشكيل الكهربائي. Plated Polymer Components for A Gas Turbine Engine |

براءة الاختراع الأمريكية رقم 10215038 لـ Chen Yuntao et.al.، بعنوان " Method and computer-readable model for additive manufacturing ducting arrangement for a gas turbine engine | الطريقة والنموذج المقروء بواسطة الكمبيوتر لترتيب ممرات التصنيع المضافة لمحرك التوربينات الغازية" يتعامل مع طريقة ونموذج يمكن قراءته بواسطة الكمبيوتر لتصنيع إضافي لمكون واحد (أي، ترتيب ممرات الهواء) لمحرك التوربينات الغازية.

على الرغم من أن الأجزاء المختلفة من المحرك يتم إنتاجها باستخدام التصنيع الإضافي (الطباعة ثلاثية الأبعاد)، لم يتعامل أي من الأعمال الفنية السابقة مع محرك متكامل مكون من قطعة واحدة تم إنتاجه عن طريق التصنيع الإضافي، مما يلغي الحاجة إلى إنتاج أجزاء مختلفة من المحرك بشكل منفصل.

بالإضافة إلى ذلك، تتضمن تصميمات المحركات الحالية في التصنيع الإضافي تكرارات لمجموعات متعددة من حاقن ومشعل. تتكون هذه الأجزاء مرة أخرى من عدة مكونات فردية يجب تجميعها إذا تم تصنيعها بواسطة طرق التصنيع المضافة التقليدية.

من ثم، هناك حاجة إلى محرك دفع متكامل واحد مع تصميم أمثل يتم تصنيعه بواسطة طرق الطباعة ثلاثية الأبعاد التي يمكن استخدامها بفعالية في المركبات الفضائية.

أهداف الاختراع

يتمثل الهدف الأساسي للاختراع الحالي في توفير طريقة التصنيع الإضافي لمحرك قطعة واحدة، متكامل، خفيفة الوزن للمركبات الفضائية.

يتمثل الهدف الآخر للاختراع الحالي في توفير تصميم جديد ومحسّن للمحرك يساعد في إزالة المسحوق المعدني في المحرك دون المساس بتصميم المحرك الأساسي.

هدف آخر للاختراع هو توفير محرك مطبوع ثلاثي الأبعاد يتم تصنيعه كقطعة واحدة للتخلص من القوى العاملة المستخدمة لتجميع أجزاء المحرك ويساعد أيضًا في تحديد الأخطاء في المحرك.

هدف آخر للاختراع هو توفير قطعة واحدة مطبوعة ثلاثية الأبعاد موثوقة للغاية، محرك متكامل بسبب تجنب نقاط التعلق بين المكونات المختلفة.

هدف آخر أيضًا للاختراع الحالي هو خفض كتلة المحرك المطبوع ثلاثي الأبعاد وبالتالي تقليل تكلفة مهمة إطلاق القمر الصناعي.

هدف آخر أيضًا للاختراع الحالي هو تثبيت وقت التحول لتصنيع المحرك عن طريق التصنيع الإضافي، حيث تجعل طريقة التصنيع عملية التجميع أسرع وبالتالي تساعد في عمليات الإطلاق المتكررة.

الوصف العام للاختراع

لتحقيق الأهداف، يوفر الاختراع الحالي طريقة للتصنيع الإضافي لمحرك متكامل من قطعة واحدة.

يشتمل المحرك من القطعة الواحدة، المتكامل على: غرفة احتراق لحرق الوقود، لوحة حاقن لحقن الوقود في غرفة الاحتراق، مشعل لإشعال خليط الوقود، فوهة لتمرير الغاز الساخن لإنتاج قوة الدفع، حيث يتم دمج هذه المكونات في عملية التكوين نفسها بطريقة التصنيع الإضافي.

وفقًا للاختراع الحالي، تشتمل طريقة التصنيع الإضافي لمحرك من قطعة واحدة على الخطوات التالية: إنشاء التصميم بمساعدة الكمبيوتر (CAD) للمحرك؛ التحقق من ملف CAD من خلال تحليل القنوات والمسارات الداخلية لكل طبقة؛ تحويل ملف CAD إلى ملف لغة المثلث القياسي (يشار إليه فيما بعد بـ "STL") لتشكيل المحرك على هيئة شبكات من المثلثات؛ تقطيع ملف STL إلى طبقات متعددة؛ المعالجة المسبقة للمسحوق للالتزام بمعايير الشركة المصنعة للطابعة؛ إيداع المسحوق في منصة بناء؛ صهر المساحيق بشكل انتقائي في طبقة مسحوق عن طريق إذابة المسحوق باستخدام مصدر ليزر؛ نشر طبقة جديدة من المسحوق فوق طبقة ترسبت مسبقًا عن طريق تحريك منصة البناء؛ تكرار الخطوات المذكورة أعلاه للحصول على محرك طباعة ثلاثي الأبعاد متكامل أحادي القطعة؛ إزالة مسحوق الجزء المطبوع لإزالة المساحيق غير المذابة؛ الضغط الهوائي من أحد طرفي المنافذ لإزالة بقايا المساحيق المتروكة داخل القنوات الداخلية؛ التحقق من أجزاء المحرك المطبوعة ثلاثية الأبعاد باستخدام التصوير المقطعي المحوسب؛ والمعالجة الحرارية للمحرك وإزالة المحرك المتكامل المصمم بطباعة ثلاثية الأبعاد من منصة البناء.

أثناء تصميم المحرك، يتم إجراء تكرارات التصميم في المجالات التالية للحصول على تصميم محسن مع مراعاة الوظائف والطباعة ثلاثية الأبعاد: المشعلات (مثل شعلة اللهب، الإشعال الناري، الاشتعال يتم تكرارهم)، الحاقنات (على سبيل المثال، القضيب، متحد المحور، أنواع رأس الدش بأشكال هندسية مختلفة يتم تكرارهم)، فوهة وقنوات تبريد متجددة.

وفقًا للاختراع الحالي، في المحرك أحادي القطعة المطبوع ثلاثي الأبعاد، ينتج عن مئات من تكرارات التصميم تقليل عدد المكونات الفرعية. باستخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد، من الممكن تصنيع الأجزاء بشكل إضافي (على عكس التصنيع الطرحي). يسمح تصميم المحرك المكون من قطعة واحدة بعناية بإنشاء المحرك بشكل إضافي في طابعة ثلاثية الأبعاد دون الحاجة إلى أي عملية تصنيع أخرى.

يعتبر محرك الاختراع الحالي مفيد لمركبات إطلاق الأقمار الصناعية، الأقمار الصناعية ومركبات استكشاف الفضاء الأخرى.

نظرًا لعدم وجود مسامير، براغي، لحام وما إلى ذلك، يكون المحرك خفيف للغاية مقارنة بالمحركات ذات معدل الدفع المماثل. عند استخدام محرك مطبوع ثلاثي الأبعاد له كتلة أقل في المركبات الفضائية، سيتم تخفيض تكلفة مركبات الإطلاق بالإضافة إلى تكلفة المهمة بشكل أكبر.

سيصبح هدف الاختراع الحالي ومزاياه أكثر وضوحًا من الوصف التفصيلي التالي عند تناوله بالاقتران مع الرسومات المصاحبة.

<u>وصف مختصر للرسومات</u>

سيتم الآن وصف هدف الاختراع الحالي بمزيد من التفصيل بالإشارة إلى الرسومات المصاحبة، حيث:

الأشكال 1(أ) إلى 1(هـ) تُظهر تصميم المكونات الفرعية للحاقنات ولوحة الحاقن لمحرك في أداة CAD؛

الأشكال 2(أ) إلى (د) تُظهر تصميم المكونات الفرعية للمشعل لمحرك في أداة CAD؛

الأشكال 3(أ) إلى (و) تُظهر تصميم المكونات الفرعية لقنوات التبريد المتجددة لمحرك في أداة CAD؛

الشكل 4(أ) و4(ب) تُظهر إعداد عملية تصنيع طبقة مسحوق الليزر وفقًا للاختراع الحالي؛

الشكل 5 يُظهر التصميم العام للمحرك المطبوع ثلاثي الأبعاد للاختراع الحالي؛

الشكل 6 يوفر أبعاد مواصفات المحرك

الشكل 7 يُظهر عرض منظور للمحرك المطبوع ثلاثي الأبعاد للاختراع الحالي؛

الشكل 8 يُظهر اتجاهات إزالة المسحوق المختلفة للمحرك؛

الشكل 9 يُظهر المحرك المصمم في تكوين عنقودي في مركبة إطلاق قمر صناعي.

الأرقام المرجعية

100 – منصة البناء

102 – مصدر الليزر

104 – أجزاء/مناطق

500 – عرض منظور

502 – المشعل

504 – لوحة الحاقن

506 – الفوهة

508 – قنوات التبريد التجديدي

الوصف التفصيلي للاختراع

يكشف الاختراع الحالي عن طريقة للتصنيع الإضافي لمحرك من قطعة واحدة، متكامل، مناسب من حيث التكلفة يستخدم في المركبات الفضائية.

تتكون القطعة الواحدة، المحرك المتكامل من: غرفة احتراق لإشعال خليط الوقود والمؤكسد، لوحة حاقن متضمنة عناصر حاقن متعددة كما هو موضح في الأشكال 1(أ) إلى 1(هـ) لحقن الخليط الذري للوقود والمؤكسد في غرفة الاحتراق، مشعل لإشعال خليط الوقود وتوفير لهب لإشعال الوقود الدافع الرئيسي المحقون في غرفة الاحتراق كما هو موضح في الأشكال التوضيحية 2(أ) إلى 2(د)، فوهة مدمجة في

غرفة الاحتراق للتخلص من استخدام الحواف أو أي واجهات ميكانيكية لتمرير الغاز الساخن لإنتاج قنوات تبريد دفع متجددة كما هو موضح في الأشكال 3(أ) إلى 3(و) لتدوير الوقود حول المحرك وتبريده للحفاظ على درجة حرارة التشغيل حيث يتم دمج جميع هذه المكونات ودمجها في عملية التكوين نفسها عن طريق طريقة التصنيع المضافة.

وفقًا للاختراع الحالي، تشتمل طريقة التصنيع الإضافي لمحرك من قطعة واحدة على الخطوات التالية: إنشاء التصميم بمساعدة الكمبيوتر (CAD) للمحرك؛ التحقق من ملف CAD من خلال تحليل القنوات والمسارات الداخلية لكل طبقة باستخدام ميكانيكا الموائع الحسابية والنمذجة ثلاثية الأبعاد؛ تحويل ملف CAD إلى ملف بلغة المثلث قياسي (يشار إليها فيما يلي باسم "STL") لتحويله إلى ملف سطحي يحتوي على شبكات من المثلثات؛ تقطيع ملف STL إلى طبقات متعددة؛ المعالجة المسبقة وتوصيف مسحوق للالتزام بمعايير الشركة المصنعة للطابعة؛ نشر طبقة من المسحوق على منصة بناء (100)؛ إيداع المسحوق في منصة بناء؛ صهر المساحيق بشكل انتقائي في طبقة مسحوق عن طريق إذابة المسحوق باستخدام مصدر ليزر؛ نشر طبقة جديدة من المسحوق فوق طبقة ترسبت مسبقًا عن طريق تحريك منصة البناء؛ تكرار الخطوات المذكورة أعلاه للحصول على محرك طباعة ثلاثي الأبعاد متكامل أحادي القطعة؛ إزالة مسحوق الجزء المطبوع لإزالة المساحيق غير المذابة؛ الضغط الهوائي من أحد طرفي المنافذ لإزالة بقايا المساحيق المتروكة داخل القنوات الداخلية؛ التحقق من أجزاء المحرك المطبوعة ثلاثية الأبعاد باستخدام التصوير المقطعي المحوسب؛ والمعالجة الحرارية للمحرك وإزالة المحرك المتكامل المصمم بطباعة ثلاثية الأبعاد من منصة البناء.

وفقًا للاختراع الحالي، يتم تقطيع ملف CAD للمحرك إلى طبقات متعددة. طبقة تلو طبقة، تم تطوير المحرك باستخدام تقنية انصهار طبقة مسحوق الليزر. في هذه التقنية، يتم تطوير كل جزء من أجزاء المحرك في وقت واحد بطريقة متكاملة، على طول المحرك. العملية الأساسية لتصنيع المواد المضافة

باستخدام انصهار طبقة مسحوق الليزر موضحة في الأشكال 4(أ) و4(ب). أولاً، يتم نشر طبقة من المسحوق على منصة البناء (100) ومصدر ليزر (102) لإذابة المسحوق في المناطق الانتقائية (104). بمجرد اكتمال تلك الطبقة، تتحرك منصة البناء (100) لأسفل وتنتشر طبقة جديدة من المسحوق فوق الطبقة السابقة. تستمر العملية حتى يتم الانتهاء من الجزء الكامل.

أثناء تصميم المحرك، يتم إجراء تكرارات التصميم في المجالات التالية للحصول على تصميم محسن مع مراعاة الوظائف والطباعة ثلاثية الأبعاد: المشعل (مثل شعلة اللهب، الإشعال الناري، مشعلات الاشتعال يتم تكرارهم)، الحاقنات (على سبيل المثال، القضيب، متحد المحور، أنواع رأس الدش بأشكال هندسية مختلفة يتم تكرارهم)، فوهة وقنوات تبريد متجددة. يظهر التصميم العام للمحرك المطبوع ثلاثي الأبعاد للاختراع الحالي في الشكل 5 ومواصفات أبعادها موضحة في الشكل 6.

في الاختراع الحالي، بالإشارة إلى الشكل 7، يتضمن تصميم CAD للمحرك (500) جميع الأجزاء مثل المشعل (502) والحاقن ولوحة الحاقن (504) وقنوات التبريد (508) وغرفة الدفع والفوهة (506) المدمجة في قطعة واحدة. يتم الانتهاء من التحقق من ملف CAD من خلال تحليل كل طبقة للتأكد مما إذا كانت القنوات والمسارات الداخلية مصنوعة بحيث لا يوجد أي دعم لأن الدعامات التي تم تشكيلها قد تمنع المسار وسيكون من الصعب إزالتها.

بالإضافة إلى ذلك، فقًا للاختراع الحالي، يتميز المسحوق بقياس/تحليل توزيع حجم الجسيمات، قابلية التدفق، كثافة الصنبور وتركيبة المادة. تتم مقارنة هذا التوصيف مع معايير الشركة المصنعة للطابعة ثلاثية الأبعاد من أجل الحصول على الخصائص الميكانيكية المطلوبة. المساحيق المعدنية شائعة الاستخدام تشمل، على سبيل المثال لا الحصر، سبائك الكروم 718 وCuCrZr.

وفقًا للاختراع الحالي، تتم إزالة المسحوق باستخدام طاولة اهتزاز دوارة. يتم تحميل المحرك مع منصة التصميم على الطاولة الدوارة. ثم يتم تدويرها في اتجاهات مختلفة بحيث تتم إزالة المساحيق غير المذابة

من الجزء. أخيرًا، يتم تطبيق الضغط الهوائي من أحد طرفي المنافذ لإزالة بقايا المساحيق المتروكة داخل القنوات الداخلية.

في أحد التجسيدات، يتم تصنيع المحرك المتكامل المكون من قطعة واحدة للاختراع الحالي بطرق التصنيع المضافة مثل التلبيد المباشر بالليزر للمعادن، الصهر بالليزر أو ذوبان شعاع الإلكترون.

إزالة المسحوق هي العملية الأكثر أهمية في طريقة تلبيد المعادن بالليزر المباشر خاصة لمحرك من قطعة واحدة. يساعد تصميم المحرك في إزالة المسحوق دون تغير في تصميم المحرك الأساسي، كما أن دقة أبعاده عالية جدًا نظرًا للدقة العالية للطابعة ثلاثية الأبعاد نفسها.

بمجرد طباعة جميع أجزاء المحرك ثلاثية الأبعاد، يتم تغطية جميع قنوات التبريد الداخلية والجزء الكامل بالمسحوق. يساعد التصميم في إزالة المساحيق من التجاويف الداخلية. جميع القنوات الداخلية متصلة بالفتحات في كلا الطرفين. سيؤدي ذلك إلى تسهيل عملية إزالة المسحوق بسهولة عن طريق الضغط الهوائي. يُزال المسحوق من القنوات بالضغط عبر الطرف الآخر. يساعد ذلك في تجنب إضافة منافذ إضافية لإزالة المسحوق من القنوات المعقدة. الشكل 8 يُظهر الاتجاهات المختلفة التي يجب أن يحتفظ بها المحرك لإزالة المسحوق.

وفقًا لتجسيد الاختراع الحالي، يمكن استخدام المحرك المتكامل المصمم من قطعة واحدة في تكوين مجمع في مركبات إطلاق القمر الصناعي كما هو موضح في الشكل 9.

تتضمن مزايا تصميم المحرك المطبوع ثلاثي الأبعاد ذو القطعة الواحدة والمصنوع بالطريقة المقترحة، على سبيل المثال لا الحصر:

- يمكن طباعة كل مكون من مكونات المحرك ثلاثي الأبعاد.
- يمكن طباعة كل مكون ثلاثي الأبعاد في نفس المكون، في وقت واحد.

- يمكن إزالة المسحوق غير المذاب من المكون (المكونات) بدون عمليات تصنيع يدوية إضافية.
- لا يوجد تدخل بشري مطلوب أثناء عمليات التصنيع.
- يستغرق صنع/تصنيع محرك صاروخي كامل أقل من 96 ساعة.
- كتلة أقل من المحركات المماثلة لإنتاج نفس كمية قوة الدفع.
- كل نسخة محققة من المحرك قابلة للتكرار بدقة بسبب نقص التدخل البشري في عملية التصنيع

أيضًا، يتم تصنيع المحرك المتكامل الفردي باستخدام مواد فضائية عالية الجودة مما يجعل المحرك أخف وزناً. يتم اختيار المواد عالية الجودة الخاصة بالفضاء من مجموعة المواد مثل النحاس وسبائكه، الكروم، المونيل، التيتانيوم.

يعد المحرك المطبوع ثلاثي الأبعاد للاختراع الحالي مفيد لمركبات إطلاق الأقمار الصناعية، الأقمار الصناعية، ومركبات استكشاف الفضاء الأخرى. ينطبق الاختراع الحالي أيضًا على أي نوع من المركبات التي تتطلب محرك خفيف الوزن ومناسب من حيث التكلفة.

بالتالي، فإن مزايا الاختراع الحالي بما في ذلك، على سبيل المثال لا الحصر: سلامة محرك واحد متكامل أعلى بسبب تجنب نقاط التعلق بين المكونات المختلفة. يساعد تصنيع المحرك كقطعة واحدة في تحديد الأخطاء بشكل أسهل عند مقارنته بالمحرك متعدد المكونات المجمع تقليديًا، بالتالي فإن التأهيل أسهل وأسرع.

بالإضافة إلى ذلك، تؤدي طرق التصنيع المضافة إلى إنتاج دفعة أسرع وبالتالي يكون الوقت المطلوب لتجميع المحرك أقل. بالإضافة إلى ذلك، فإن كتلة المحرك من قطعة واحدة المكونة بشكل إضافي (على سبيل المثال 5-6 كيلو جرام) أقل من المحركات المصنعة تقليديًا (على سبيل المثال 20-25 كيلو

جرام) بسبب تجنب البراغي، الأقفال، ووصلات الواجهة الأخرى. تؤدي الكتلة المنخفضة للمحرك إلى تقليل الكتلة الإجمالية للمركبة وبالتالي تقل تكلفة المهمة أيضًا.

بالإضافة إلى ذلك، يتم تقليل أعمال المعالجة مما يؤدي إلى وقت استجابة سريع، مع تدخل بشري أقل في عملية التصنيع. يجعل وقت دوران تصنيع المحرك الأسرع عملية التجميع أسرع وبالتالي يساعد في عمليات الإطلاق المتكررة. تستغرق عملية تصنيع المحرك حوالي 3 أيام وتكون مؤهلة للطيران في غضون أسبوع. هذا يجعل تجميع مركبة الإطلاق سريع وبأسعار معقولة.

في حين أن الوصف المكتوب السابق للاختراع يمكّن صاحب المهارة العادية من صنع واستخدام ما يعتبر حاليًا أفضل طريقة له، فإن صاحب المهارة العادية سوف يفهم ويقدر وجود الاختلافات، التركيبات، والمكافئات الخاصة بالتجسيد المحدد، الطريقة والأمثلة هنا. لذلك يجب ألا يكون الاختراع مقيد بالتجسيد، الطريقة، والأمثلة الموصوفة أعلاه، لكن بكل التجسيدات والطرق ضمن نطاق الاختراع كما هو مطلوب حمايته.

عناصر الحماية

1. طريقة التصنيع الإضافي لمحرك لمركبة إطلاق قمر صناعي مشتملة على الخطوات التالية:

أ. إنشاء التصميم بمساعدة الكمبيوتر (CAD) للمحرك؛

ب. التحقق من ملف CAD من خلال تحليل القنوات والمسارات الداخلية لكل طبقة باستخدام ميكانيكا الموائع الحسابية والنمذجة ثلاثية الأبعاد؛

ج. تحويل ملف CAD إلى ملف بلغة المثلث قياسي (يشار إليها فيما يلي باسم "STL") لتحويله إلى ملف سطحي يحتوي على شبكات من المثلثات؛

د. تقطيع ملف STL إلى طبقات متعددة؛

هـ. المعالجة المسبقة وتوصيف مسحوق للالتزام بمعايير الشركة المصنعة للطابعة؛

و. نشر طبقة من المسحوق على منصة بناء (100)؛

ز. إيداع المسحوق المعالج مسبقًا في منصة البناء (100)؛

ح. صهر المساحيق بشكل انتقائي في طبقة مسحوق عن طريق صهر المسحوق باستخدام مصدر ليزر (102)؛

ط. نشر طبقة جديدة من المسحوق فوق طبقة ترسبت مسبقًا عن طريق تحريك منصة البناء (100)؛

ي. تكرار الخطوات أ. إلى ح. للحصول على محرك طباعة ثلاثي الأبعاد متكامل أحادي القطعة؛

ك. طباعة كل جزء من أجزاء المحرك المصمم في وقت واحد طبقة تلو طبقة بطريقة متكاملة بطول المحرك؛

ل. إزالة مسحوق الجزء المطبوع لإزالة المساحيق غير المصهورة باستخدام طاولة اهتزاز دوارة؛

م. الضغط الهوائي من أحد طرفي المنافذ لإزالة بقايا المساحيق المتروكة داخل القنوات الداخلية؛

ن. التحقق من أجزاء المحرك المطبوعة ثلاثية الأبعاد باستخدام التصوير المقطعي المحوسب CT؛

س. المعالجة الحرارية للمحرك وإزالة المحرك المتكامل المصمم بطباعة ثلاثية الأبعاد من منصة التصميم (100).

2. الطريقة وفقًا لعنصر الحماية 1، تشتمل على تكرار وظائف التصميم بما في ذلك مكونات المحرك التي تشتمل على مشعلات (502)، حاقنات، فوهة (506) وقنوات تبريد متجددة (508).

3. الطريقة وفقًا لعنصر الحماية 2، حيث يتم اختيار المشعلات (502) من المجموعة المشتملة على مشعل اللهب، شعلات نارية ومشعلات لهبية.

4. الطريقة وفقًا لعنصر الحماية 2، حيث يتم اختيار الحاقنات من المجموعة المشتملة على أنواع القضيب، متحدة المحور، ورأس دش ذات أشكال هندسية متغيرة.

5. الطريقة وفقًا لعنصر الحماية 1، حيث يتم تحديد خصائص المسحوق لقياس توزيع حجم الجسيمات، قابلية التدفق، كثافة الصنبور وتركيبة المواد.

6. الطريقة وفقًا لعنصر الحماية 1، حيث يتم تحليل القنوات والمسارات الداخلية لكل طبقة باستخدام ميكانيكا الموائع الحسابية والنمذجة ثلاثية الأبعاد.

7. محرك في مركبة إطلاق القمر الصناعي مشتمل على:

أ. غرفة احتراق لإشعال خليط الوقود والمؤكسد؛

ب. لوحة حاقن (504) متضمنة على عناصر حاقن متعددة لحقن الخليط الذري للوقود والمؤكسد في غرفة الاحتراق؛

ج. مشعل (502) لإشعال خليط الوقود وتوفير اللهب لإشعال الوقود الرئيسي المحقون في غرفة الاحتراق؛

د. فوهة (506) مدمجة في غرفة الاحتراق للتخلص من استخدام الحواف أو أي واجهات ميكانيكية لتمرير الغاز الساخن لإنتاج قوة الدفع؛

هـ. قنوات تبريد متجددة (508) لتدوير الوقود حول المحرك وتبريده للحفاظ على درجة حرارة التشغيل،

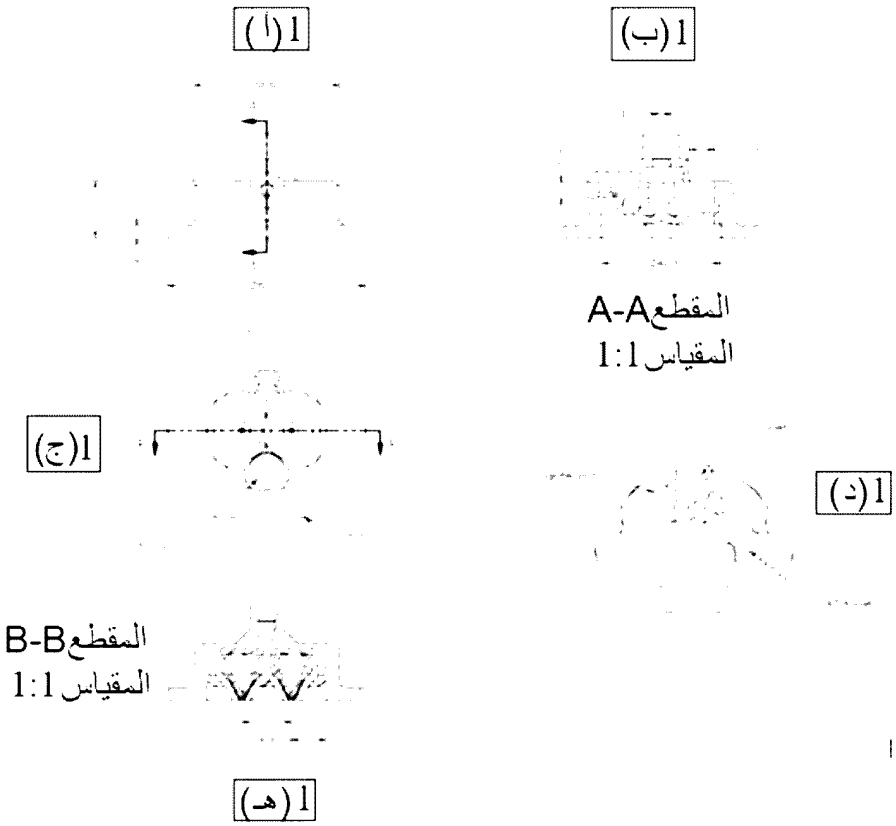
حيث يتم دمج مكونات المحرك في النقاط (أ) إلى (هـ) ودمجها بطريقة التصنيع المضافة وفقًا لعنصر الحماية 1 لتشكيل محرك متكامل من قطعة واحدة.

8. المحرك وفقًا لعنصر الحماية 7، حيث يحتوي المشعل (502) على غرفة احتراق وسدادة اشتعال حيث يشتعل خليط المؤكسد والوقود وينتج لهب يشعل الدافعات الرئيسية.

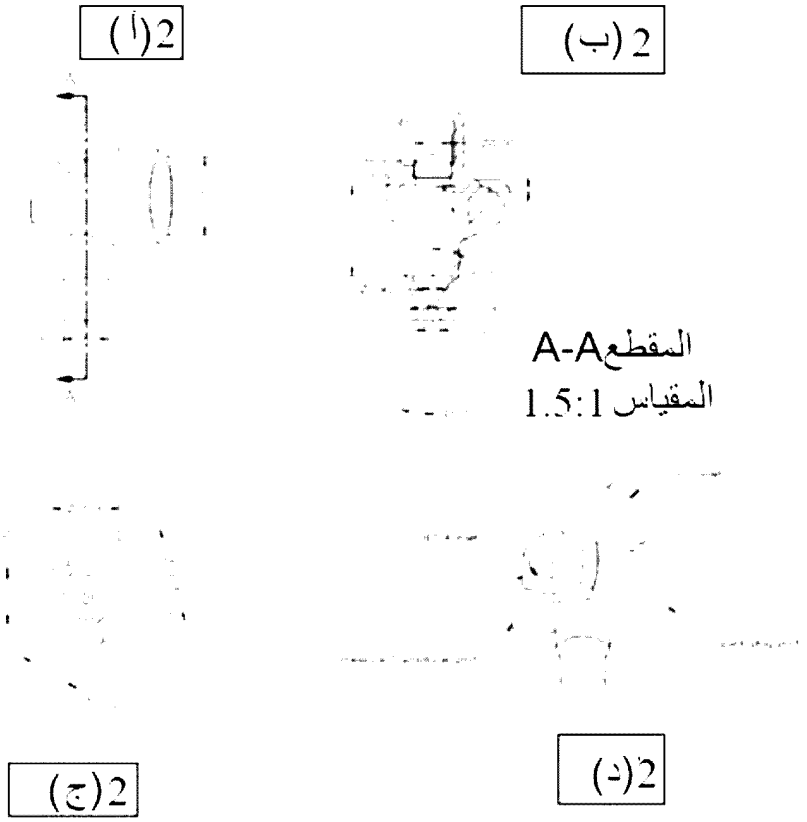
9. المحرك وفقًا لعنصر الحماية 7، حيث يتم تصنيع المحرك بشكل إضافي بمواد فضائية.

10. المحرك وفقًا لعنصر الحماية 9، حيث يتم اختيار المواد الفضائية الجوية من المجموعة المشتملة على النحاس وسبائكه، الكروم، المونيل والتيتانيوم.

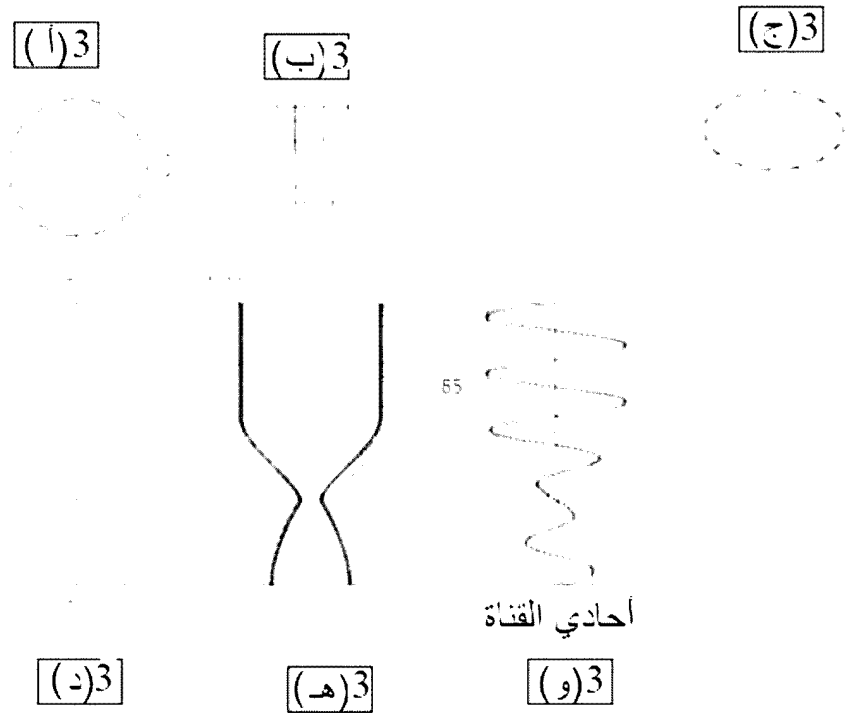
شكل 1



شكل2

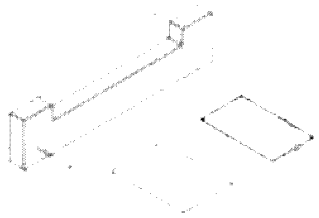


شكل3



شكل 4

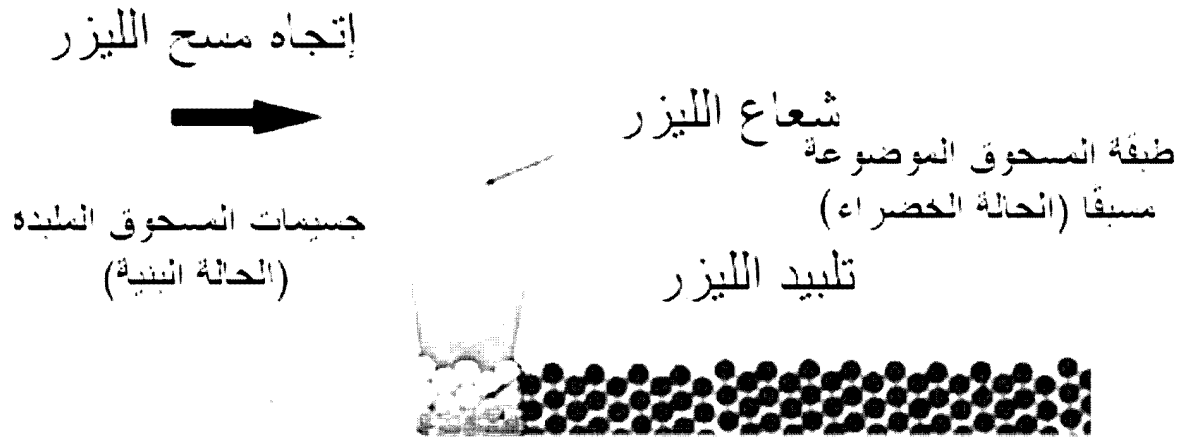
102



100

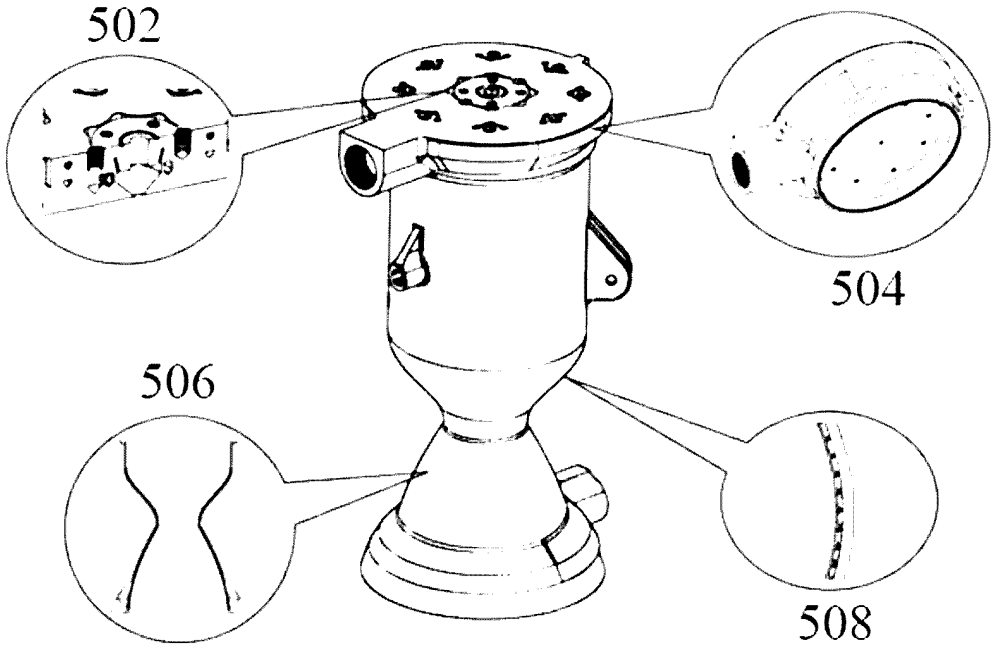
104

شكل 4(أ)

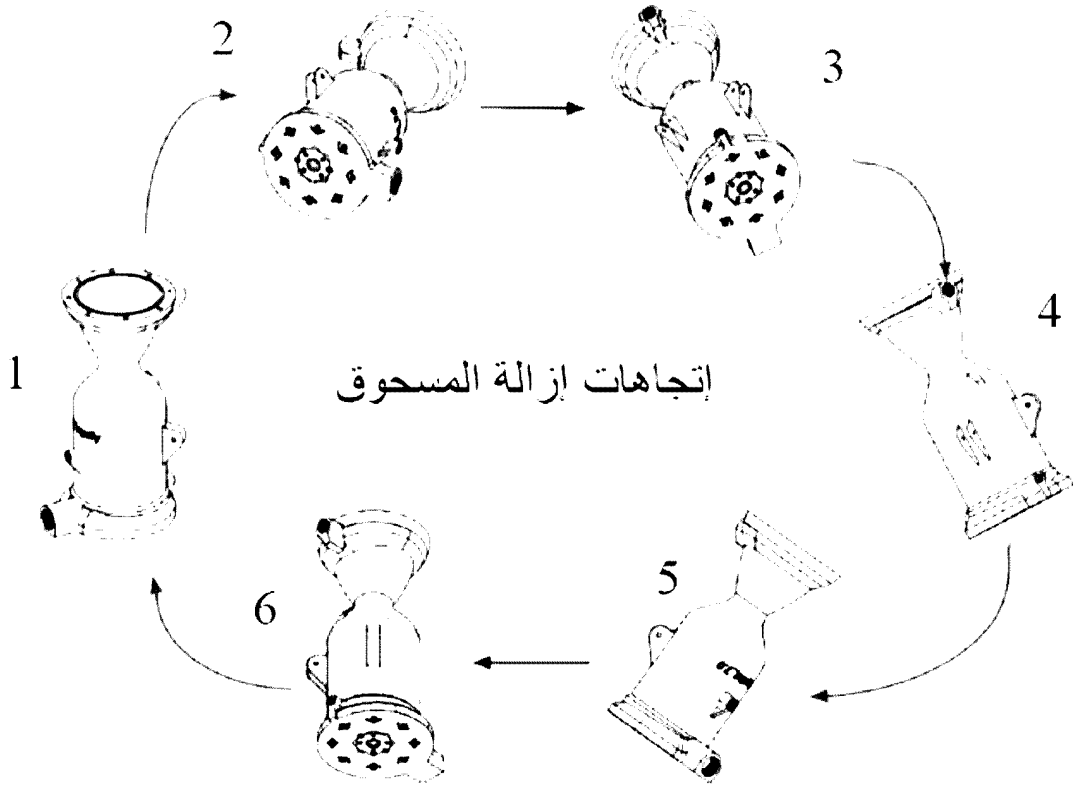

إتجاه مسح الليزر
شعاع الليزر
طبقة المسحوق الموضوعة
مسبقا (الحالة الخضراء)
جسيمات المسحوق الملبدة
(الحالة البنية)
تلبيد الليزر
المادة غير الملبدة في
الطبقات السابقة

شكل 4 (ب)

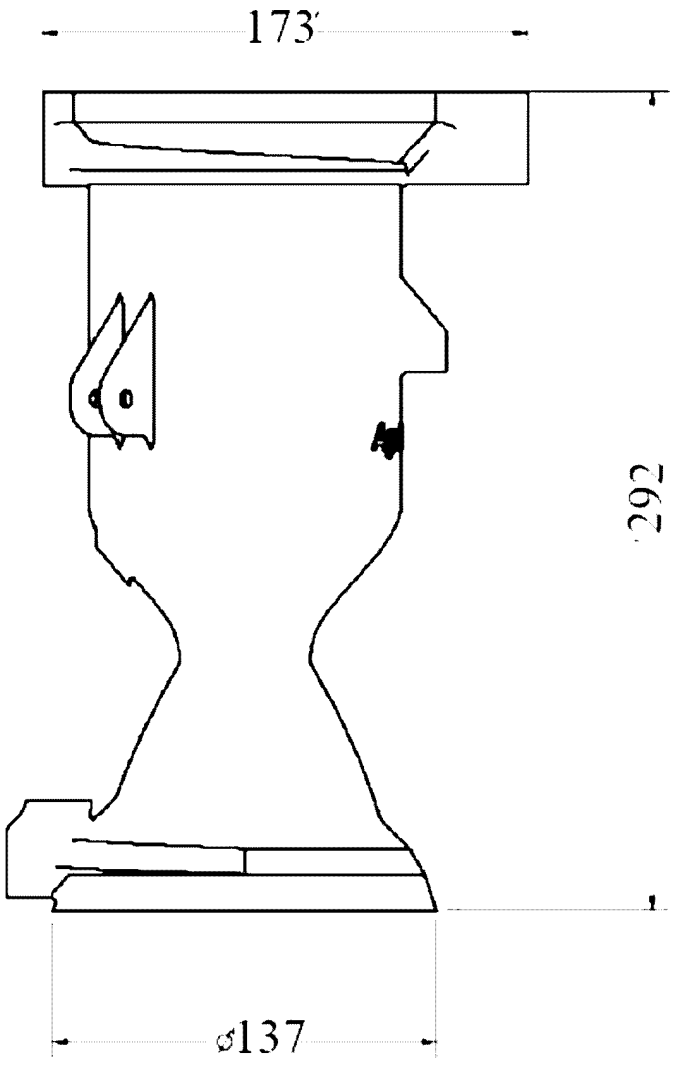
شکل 5



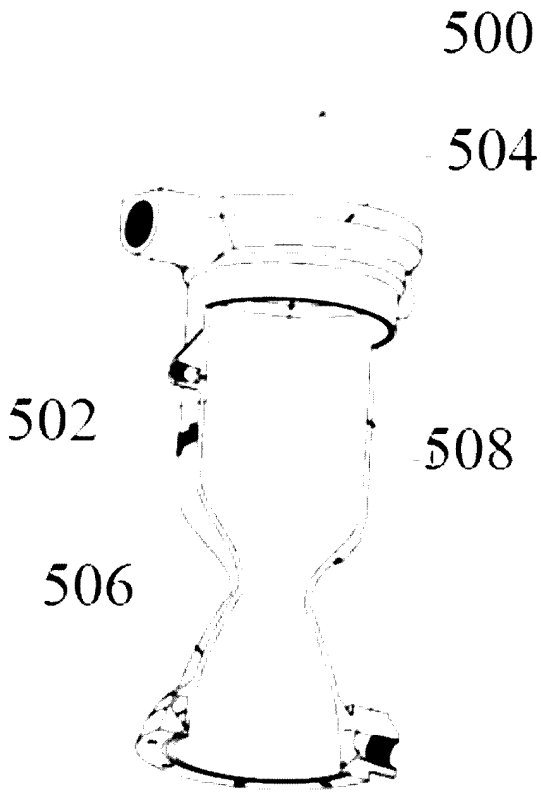
شكل 6



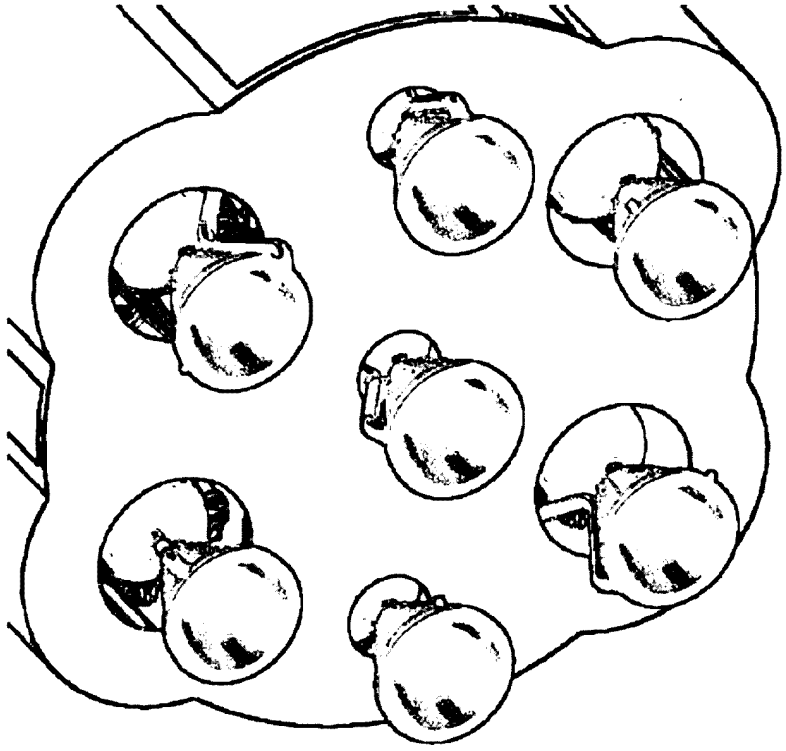
شکل 7



شکل 8



شکل 9



MA 60469A1

ROYAUME DU MAROC

OFFICE MAROCAIN DE LA PROPRIETE INDUSTRIELLE ET COMMERCIALE

OMPIC

المملكة المغربية

المكتب المغربي للملكية الصناعية و التجارية

RAPPORT DE RECHERCHE AVEC OPINION SUR LA BREVETABILITE

(Conformément aux articles 43 et 43.2 de la loi 17-97 relative à la protection de la propriété industrielle telle que modifiée et complétée par la loi 23-13)

Renseignements relatifs à la demande	
N° de la demande : 60469	Date de dépôt :23/10/2021 Date d'entrée en phase nationale :23/05/2023 Date de priorité: 23/10/2020
Déposant : AGNIKUL COSMOS PRIVATE LIMITED	
Intitulé de l'invention : CONCEPTION ET FABRICATION D'UN MOTEUR-FUSÉE MONOBLOC	

Le présent document est le rapport de recherche avec opinion sur la brevetabilité établi par l'OMPIC conformément aux articles 43 et 43.2, et notifié au déposant conformément à l'article 43.1 de la loi 17-97 relative à la protection de la propriété industrielle telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

Les documents brevets cités dans le rapport de recherche sont téléchargeables à partir du site http://worldwide.espacenet.com, et les documents non brevets sont joints au présent document, s'il y en a lieu.

Le présent rapport contient des indications relatives aux éléments suivants :

Partie 1 : Considérations générales
- ☒ Cadre 1 : Base du présent rapport
- ☐ Cadre 2 : Priorité
- ☐ Cadre 3 : Titre et/ou Abrégé tel qu'ils sont définitivement arrêtés

Partie 2 : Rapport de recherche

Partie 3 : Opinion sur la brevetabilité
- ☐ Cadre 4 : Remarques de forme et de clarté
- ☐ Cadre 5 : Défaut d'unité d'invention
- ☐ Cadre 6 : Observations à propos de certaines revendications exclues de la brevetabilité
- ☒ Cadre 7 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle

Examinateur : Saad-eddine BOUDIH	**Date d'établissement du rapport** : 25/07/2023
Téléphone : 212 5 22 58 64 14/00	

Partie 1 : Considérations générales

Cadre 1 : base du présent rapport

Les pièces suivantes de la demande servent de base à l'établissement du présent rapport :

- Description
  12 Pages
- Revendications
  10
- Planches de dessin
  10 Pages

Partie 2 : Rapport de recherche

Classement de l'objet de la demande :

CIB : F02K9/64, B33Y50/00
CPC : F02K9/64, B33Y50/00

Plateformes et bases de données électroniques de recherche :

EPOQUENET, WPI, ScienceDirect, ORBIT

Catégorie *	Documents cités avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	N° des revendications visées
X	**https://www.etmm-online.com/3d-printing-a-rocket-engine-a-886960/ ; Donath Steffen [DE] ; 27-11-2019** *Tout le document*	1-10
X	**US2018087443A1 ; ADDITIVE ROCKET CORP [US] ; 29-03-2018** *Pargraphes 3,5,13,70-84 et 215*	1-10
X	**https://www.pegasus-europe.org/wp-content/uploads/Student_Conference/papers/2019/Paper_Melle_Rap.pdf ; Melle Killian et al [FR] ; 01-01-2019** *Pages 2-3 et 8-9*	1-10
X	**https://ntrs.nasa.gov/api/citations/20180006087/downloads/20180006087.pdf ; Gradl Paul R et al [US] ; 10-07-2017** *Pages 2-3, 6-9 et 13-17*	1-10

***Catégories spéciales de documents cités :**

-« **X** » document particulièrement pertinent ; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
-« **Y** » document particulièrement pertinent ; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
-« **A** » document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
-« **P** » documents intercalaires ; Les documents dont la date de publication est située entre la date de dépôt de la demande examinée et la date de priorité revendiquée ou la priorité la plus ancienne s'il y en a plusieurs
-« **E** » Éventuelles demandes de brevet interférentes. Tout document de brevet ayant une date de dépôt ou de priorité antérieure à la date de dépôt de la demande faisant l'objet de la recherche (et non à la date de priorité), mais publié postérieurement à cette date et dont le contenu constituerait un état de la technique pertinent pour la nouveauté

Partie 3 : Opinion sur la brevetabilité

Cadre 7 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle

Nouveauté	Revendications 1-6, 8-10 Revendications 7	Oui Non
Activité inventive	Revendications aucune Revendications 1-10	Oui Non
Application Industrielle	Revendications aucune Revendications 1-10	Oui Non

Il est fait référence aux documents suivants. Les numéros d'ordre qui leur sont attribués ci-après seront utilisés dans toute la suite de la procédure

D1 : **https://www.etmm-online.com/3d-printing-a-rocket-engine-a-886960/**
D2 : **US2018087443A1**
D3 : **https://www.pegasus-europe.org/wp-content/uploads/Student_Conference/papers/2019/Paper_Melle_Rap.pdf**
https://ntrs.nasa.gov/api/citations/20180006087/downloads/20180006087.pdf
D4 : **https://ntrs.nasa.gov/api/citations/20180006087/downloads/20180006087.pdf**

1. Nouveauté

1.1- Aucun des documents cités ci-dessus ne divulgue l'ensemble des caractéristiques techniques de la revendication 1. D'où l'objet de ladite revendication est nouveau au sens de l'article 26 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

Par conséquent, l'objet des revendications dépendantes 2-6 est nouveau au sens de l'article 26 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

1.2- Le document D1 divulgue les caractéristiques techniques de la revendication 7 :
Un moteur dans un véhicule de lancement de satellite comprenant :
a. Une chambre de combustion pour allumer le mélange de carburant et d'oxydant ;
b. Une plaque d'injecteur (504) comprenant de multiples éléments injecteurs pour injecter le mélange atomisé du carburant et de l'oxydant dans la chambre de combustion ;
c. Un allumeur pour enflammer le mélange de carburant et pour fournir une flamme pour allumer les principaux propergols injectés dans la chambre de combustion ;
d. Une tuyère intégrée à la chambre de combustion pour éliminer l'utilisation de brides ou de toute interface mécanique pour passer le gaz chaud afin de produire une poussée ;
e. Des canaux de refroidissement régénératifs pour faire circuler le carburant autour et refroidir le moteur pour maintenir la température de fonctionnement, dans lequel, les composants du moteur en (a) à (e) sont fusionnés et intégrés par la méthode de fabrication additive pour former un moteur intégré en une seule pièce.

Par conséquent, l'objet de ladite revendication n'est pas nouveau au sens de l'article 26 de la loi

17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

1.3- Aucun des documents cités ci-dessus ne divulgue l'ensemble des caractéristiques techniques de la revendication 8. D'où l'objet de ladite revendication est nouveau au sens de l'article 26 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

Par conséquent, l'objet des revendications dépendantes 9-10 est nouveau au sens de l'article 26 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

2. Activité inventive

2.1- Le document D1, qui est considéré comme l'état de la technique le plus proche de l'objet de la revendication 1, divulgue une méthode de fabrication additive d'un moteur pour un véhicule de lancement de satellite.

L'objet de la revendication 1 diffère de la méthode connue de D1 en ce qu'elle comprend les étapes suivantes :

a. générer la Conception Assistée par Ordinateur (CAO) du moteur ;

b. vérifier le fichier CAO en analysant les canaux internes et les chemins de chaque couche ;

c. convertir le fichier CAO en un fichier Langage Standard Triangle (STL) pour le convertir en un fichier de surface contenant des mailles de triangles ;

d. découper le fichier STL en plusieurs couches ;

e. prétraiter et caractériser une poudre pour adhérer aux normes du fabricant de l'imprimante;

f. étaler une couche de poudre sur une plateforme de construction (100) ;

g. déposer la poudre prétraitée sur la plateforme de construction (100) ;

h. fusionner sélectivement des poudres dans un lit de poudre en faisant fondre la poudre à l'aide d'une source laser ;

i. étaler une nouvelle couche de poudre sur une couche précédemment déposée en abaissant la plateforme de construction ;

j. répéter les étapes e à h pour obtenir le moteur imprimé en 3D intégré en une seule pièce ;

k. imprimer simultanément chaque partie du moteur conçu couche par couche de manière intégrée le long de la longueur du moteur ;

l. dépoussiérer la pièce imprimée pour enlever les poudres non fondues à l'aide d'une table de vibration rotative ;

m. appliquer une pression pneumatique à partir d'une extrémité des ports pour éliminer les résidus de poudres laissés à l'intérieur des canaux internes ;

n. vérifier les pièces du moteur imprimées en 3D à l'aide d'un scan CT ;

o. traiter thermiquement le moteur et retirer le moteur intégré imprimé en 3D conçu de la plateforme de construction ;

Les caractéristiques suivantes de la revendication 1 ne sont pas considérées comme inventives parce qu'elles se rapportent soit à des étapes simples, soit à des étapes implicites de la conception et de la production d'une pièce en utilisant la fabrication additive métallique à base de poudre. Certaines de ces étapes sont en outre explicitement divulguées dans les documents

cités.
En effet, la conception de structures complexes telles que les moteurs de fusée, est couramment réalisée à l'aide d'ordinateurs équipés de logiciels de CAO. Les outils de CAO sont en outre couramment utilisés non seulement pour la conception, mais aussi pour la vérification et la simulation. Les documents D2 (paragraphes 62-63, 155) et D3 (paragraphe 8, dernier paragraphe) illustrent cette utilisation. L'étape b. n'est en outre pas claire, car elle ne définit pas à quelles entités se rapportent les canaux et couches internes.
L'équipement de fabrication additive est couramment contrôlé par un ensemble d'instructions telles que le code G. Ces instructions sont générées par un slicer. Ces instructions sont générées par un slicer qui reçoit la géométrie cible de l'objet. Le format de fichier STL est l'un des plus utilisés pour exporter la géométrie à partir d'outils de CAO et la fournir au slicer.
Les étapes e. à j. sont des étapes implicites dans le processus de fusion sélective au laser de D1 (paragraphe 1), de frittage au laser de D2 (paragraphes 215) et de fusion par faisceau laser de D3 (paragraphe 8, dernier paragraphe).
La fabrication additive sur lit de poudre implique une étape d'élimination de la poudre non fondue. D4 (paragraphes 14-15) font explicitement référence à ces étapes. L'utilisation d'une table vibrante rotative pour secouer la poudre et la pression pneumatique pour souffler les restes finaux sont des mesures de routine évidentes pour éliminer la poudre.
Les étapes n. et o. sont également des pratiques courantes dans le domaine de l'AM et sont explicitement illustrées dans le document D4 (paragraphe 17, "CT scan"). La revendication 1 ne définit pas l'objectif du traitement thermique, mais le refroidissement de la pièce et son retrait de la plate-forme sont des étapes implicites.

Le problème que la présente invention se propose de résoudre peut donc être considéré comme fabriquer un moteur de fusée en une seule pièce afin de réduire le poids et le temps d'assemblage en éliminant notamment les fixations et les opérations d'assemblage.

La solution proposée dans la revendication 1 de la présente demande n'implique pas une activité inventive au sens de l'article 28 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

2.2- L'objet des revendications dépendantes 2-6 ne satisfait pas aux exigences de l'activité inventive conformément à l'article 28 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13. En effet, quelques caractéristiques additionnelles de ces revendications sont considérées comme des modifications qui sont à la portée de l'homme du métier et qu'il aurait été évident pour lui de modifier les éléments connus de D1 par des expériences de routine.

2.3- En ce qui concerne la revendication 8, afin de produire une étincelle électrique, un allumeur doit être fabriqué en utilisant à la fois des matériaux conducteurs et diélectriques. Il semble que la demande ne fournit pas d'enseignement concernant une telle fabrication. Par conséquent l'objet de la revendication 8 ne satisfait pas aux exigences de l'activité inventive conformément à l'article 28 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

2.4- Il est bien connu que les moteurs de fusée sont généralement équipés de bougies

d'allumage et qu'ils sont fabriqués à l'aide de matériaux aérospatiaux. Les revendications 9 et 10 ne sont pas non plus inventives.

3. Application industrielle

L'objet de la présente invention est susceptible d'application industrielle au sens de l'article 29 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13, parce qu'il présente une utilité déterminée, probante et crédible.