وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
الجامعة التقنية الوسطى
المعهد التقني / كوت
قسم تقنيات ميكانيك القدرة/ فرع السيارات

عنوان البحث:

محرك الستيريلغ او محرك الستيرلنج

يعد كجزء من متطلبات نيل شهادة الدبلوم التقني في تقنيات ميكانيك القدرة/ فرع السيارات

للعام الدراسي 2023-2024

مقدم من الطلاب

محمد اياد جدوع
عباس ناصر عبيد
محمد صعصع ناصر
محمد عبدالحسين حوشان
فاطمه عبد ناصر

إشراف

أ. ماجد فرج

مقدمة

محرك سترلينغ (Stirling engine)

اخترعه ستيرلنغ 1827

يعتبر من محركات الاحتراق الخارجي والأكثر استخدامًا.

حظيت باهتمام خاص في محطات الطاقة الشمسية والمتجددة للكفاءة العالية.

دورة ستيرلنغ معدلة لكارنوت بإجرائيي ثبات الحجم بدلا عن ثبات الانتروبي

تعتبر دورة انعكاسية وتعمل كمضخة حرارية.

تعد دورة مغلقة بمائع غازي للتشغيل يظل دائمًا بالداخل لا يخرج منه.

تتمتع دورة ستيرلينغ (Sterling cycle).بكفاءة حرارية مساوية تقريبًا لدورة كارنو ويعتبر أكثر كفاءة من محرك الاحتراق الداخلي.

كيفية عمل ستيرلينغ

محرك يقوم بتحويل الطاقة الحرارية للوقود إلى طاقة ميكانيكية عن طريق تسخين وتبريد السائل المحبوس داخل الأسطوانة

تمتص الحرارة من المكبس الساخن من مصدر الحرارة ويتم العمل الميكانيكي بوسطة مكبس القدرة ويعمل مبادل الحرارة علي استرداد علي الحرارة

مصدر الحرارة(Heat source)

من احتراق الفحم أو مرآة شمسية لتركيز الحرارة .

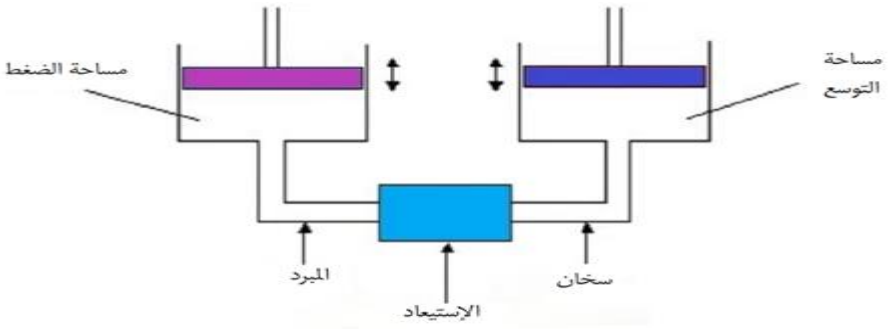
محركات ستيرلنغ تعتبر محركات احتراق خارجية

أنواع محركات ستيرلنغ

لها مكبسان وهذه أكثر الأشياء المميزة عن المحركات الأخر

ما هو محرك ستيرلينغ؟

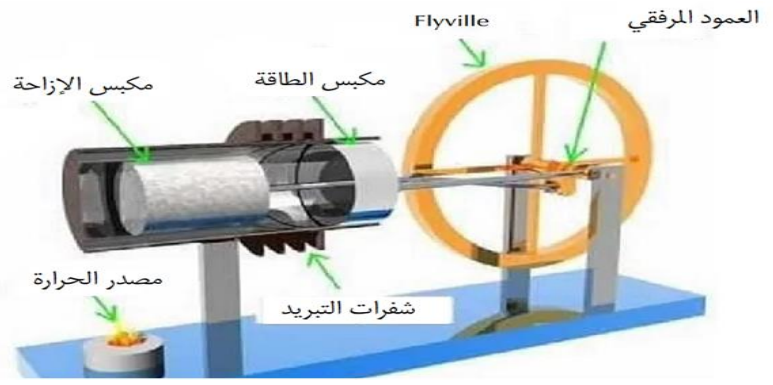
محرك ستيرلينغ (سترلنك) هو محرك ترددي يقوم بتحويل الطاقة الحرارية للوقود إلى طاقة ميكانيكية عن طريق تسخين وتبريد السائل المحبوس داخل الأسطوانة. نظرًا لأنه محرك ترددي ، فإنه يستخدم محركًا ترديديًا بدلاً من الدوار مثل محرك وانكل(Wankel motor).



في عام 1816، اخترع روبرت سترلينج محرك ستيرلنج. تتمتع دورة ستيرلينغ (ستيرلنك) بكفاءة حرارية مساوية تقريبًا لتلك الخاصة بدورة كارنو. محرك الاحتراق الخارجي هذا أكثر كفاءة من محرك IC (مثل محرك الديزل أوالبنزين). اليوم، تُستخدم محركات ستيرلينغ فقط في تطبيقات خاصة جدًا مثل تطبيقات الغواصات.

كيف يعمل محرك ستيرلينغ؟

يعتمد محرك ستيرلينغ على دورة ستيرلينغ(Sterling cycle).



يعمل محرك ستيرلينغ على النحو التالي:

عندما يبدأ المشغل تشغيل المحرك، يتم أيضًا تشغيل مصدر الحرارة الخارجي. يتحكم المشغل في القوة من خلال الآلية المقترحة.عندما يتم تنشيط مصدر الحرارة الخارجي، تبدأ الحرارة في الانتقال من مصدر الحرارة إلى الطرف الساخن للأسطوانة. ترفع عملية نقل الحرارة هذه درجة حرارة جزيئات الغاز المحتسبة في الطرف الساخن للأسطوانة. مع زيادة درجة حرارة جزيئات الغاز، يحدث اضطراب بينها وتتوسع جزيئات الغاز داخل الأسطوانة. يؤدي تمدد الغاز إلى زيادة الضغط على سطح المكبس، ويتجاوز المكبس ويؤدي إلى عمل مفيد. يأتي مكبس الإزاحة مع مشبك. تؤدي حركة العمود المرفقي إلى تحرك المكبس بين رؤوس الأسطوانة الباردة والساخنة. تؤدي حركة مكبس الإزاحة إلى تبادل الغاز من الطرف البارد إلى النهاية الساخنة والنهاية الساخنة إلى الطرف البارد للأسطوانة. يوفر الغاز الساخن الطاقة لمكبس الإزاحة، مما يؤدي إلى انتقال الغاز إلى الطرف البارد للأسطوانة. عندما يدخل الغاز الساخن الجزء البارد، يقوم جهاز التبريد بإزالة حرارة الغاز الساخن وتبريده. بعد أن يبرد الغاز، يقوم المكبس بضغطه عند الطرف البارد للاسطوانة. جهاز تبريد يزيل الحرارة الزائدة من الغاز. بعد عملية الضغط، يعيد المكبس الغاز المضغوط إلى الطرف الساخن للأسطوانة وتتكرر الدورة. هذه هي جوهر محرك ستيرلينغ. كما ترى أعلاه، لا يوجد محرك احتراق داخلي مثل الإخراج في هذه الدورة. لذلك، يعتبر محرك ستيرلينغ أكثر كفاءة من محرك الاحتراق الداخلي (IC).

ما هي أنواع محركات ستيرلينغ؟

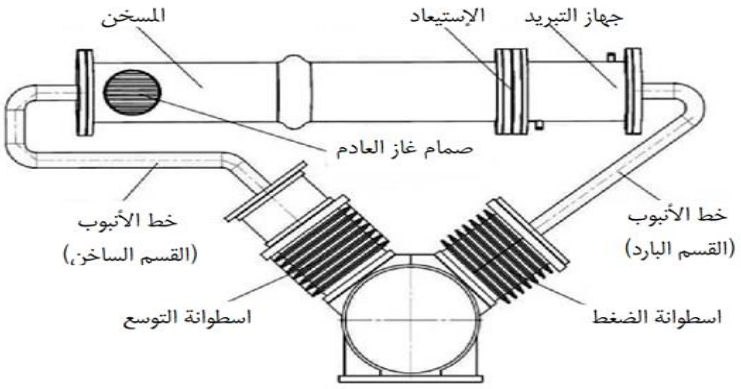
يحتوي محرك ستيرلينغ على الأنواع الرئيسية لمحرك ألفا ومحرك بيتا ومحرك جاما ومحرك ثنائي الاتجاه ومحرك دوار.

محرك ستيرلينغ ألفا

يحتوي محرك Alpha Sterling على أسطوانتين:

أسطوانة ساخنة أو متمدده

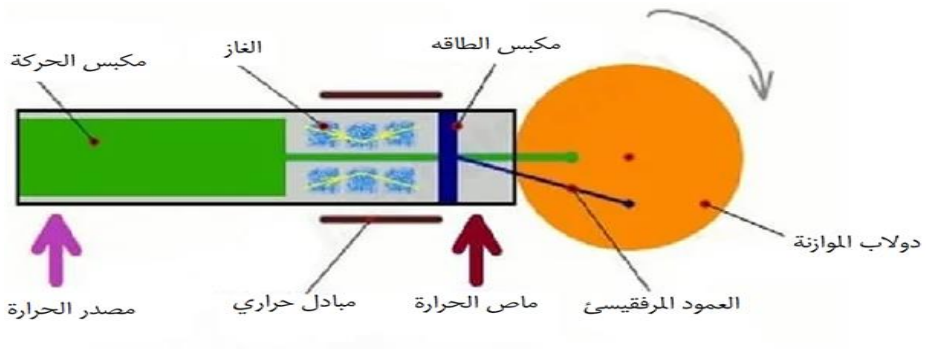
اسطوانة باردة أو منكمشة



الاسطوانة الساخنة متصلة بمصدر حرارة خارجي. ينقل هذا المصدر الحرارة إلى غاز الأسطوانة الساخن. في المقابل، تحتوي الاسطوانة الباردة على جهاز تبريد. يستخدم جهاز التبريد هذا لاستخراج الحرارة التي تتلقاها أسطوانة الغاز. يتم توصيل الأسطوانتين بواسطة أنبوب حيث يتم نقل الغاز الساخن من الأسطوانة الساخنة إلى الأسطوانة الباردة والعكس صحيح. هذه المحركات لديها القليل من القوة. لذلك، يتم استخدامها لأغراض التحميل الخفيف. يحتوي محرك ألفا على مكبسين للطاقة.

محرك بيتا الاسترليني أو محرك ستيرلينغ بيتا

يحتوي محرك بيتا على أسطوانة واحدة فقط. يتم توصيل أحد طرفي الأسطوانة بمصدر حرارة والطرف الآخر بمصدر حرارة.



تحتوي أسطوانة محرك بيتا الإسترليني على مكبسين:

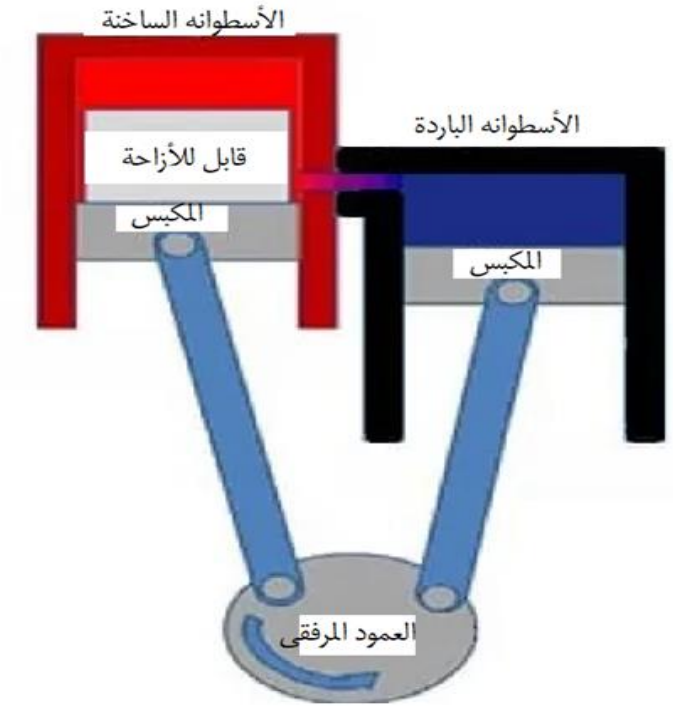
مكبس الطاقة

مكبس الإزاحة أو الحركة

يساعد مكبس الطاقة المحرك على التحكم في السائل وتنشيط المحرك، بينما يتم تثبيت مكبس الإزاحة بين الأطراف الساخنة والباردة للأسطوانة. يستخدم مكبس الإزاحة لنقل الغاز الساخن من الطرف الساخن إلى الطرف البارد والغاز البارد من الطرف البارد إلى الطرف الساخن للأسطوانة. يتحكم العمود المرفقي في حركة الحركة داخل الأسطوانة. مكبس الطاقة متصل بحدافة ويقع بين جانبي الأسطوانة الساخن والبارد. هذا المكبس مسؤول عن توصيل الطاقة الناتجة. يتمتع محرك ستيرلينغ بيتا بقدرة أعلى. لذلك، يتم استخدامه للتطبيقات ذات الأحمال العالية.

محرك جاما الاسترليني أو محرك ستيرلينغ جاما

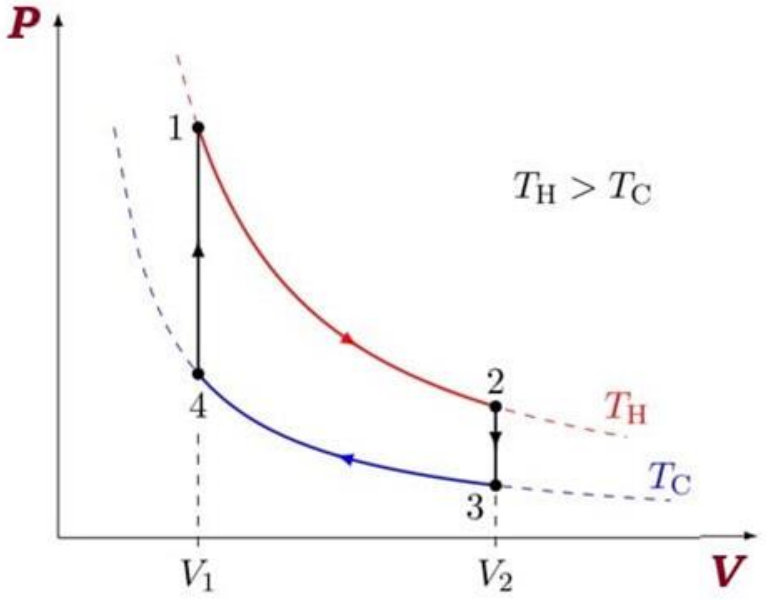
يحتوي هذا النوع من محركات الاحتراق الخارجي على مكبس للطاقة والإزاحة متصل بأسطوانتين منفصلتين.



يتدفق غاز الأسطوانتين بحرية بينهما ويظل متكاملاً. نظرًا للحجم الكبير للاتصال بين الأسطوانتين، فإن هذا الهيكل له نسبة ضغط أقل، ولكنه يتميز بتصميم بسيط ويستخدم عادةً في محرك ستيرلينغ متعدد الأسطوانات. بالإضافة إلى ذلك، أثناء عملية التمدد، يحدث تمدد معين في منطقة الضغط، مما يؤدي إلى انخفاض معين في القوة.

محرك ستيرلينغ الدوار

تعمل هذه المحركات على تحويل قوة دورة ستيرلينغ إلى عزم دوران.محرك ستيرلينغ ذو اتجاهين يستخدم مكبس هذا النوع من المحركات كلا الطرفين (أعلى وأسفل). الرسم البياني PV لدورة الاسترلينغ يعتمد محرك ستيرلينغ على دورة ستيرلينغ. تعمل دورة ستيرلينغ على النحو التالي.



التمدد متساوي الحرارة (الخطوط 1 إلى 2): في عملية التمدد المتساوي الحرارة (درجة حرارة ثابتة)، يتم إعطاء الطاقة من مصدر حرارة خارجي إلى الغاز المحبوس في الأسطوانة. عندما تتلقى جزيئات الغاز الطاقة، فإنها تبدأ في التوسع. بسبب تمدد جزيئات الغاز، يزداد ضغط الغاز، مما يؤدي إلى انتقال المكبس من الأسطوانة الساخنة إلى الأسطوانة الباردة. التسخين الحجمي (الخطوط من 2 إلى 3): في عملية التسخين متساوي التبول (حجم ثابت) لدورة ستيرلينغ، يتم نقل الغاز الساخن من الأسطوانة الساخنة إلى أسطوانة الضغط أو البارد. يزيل جهاز التبريد الطاقة الحرارية من الغاز الساخن ويحولها إلى غاز بارد. الغرض الرئيسي من عملية التبريد هذه هو تقليل ضغط الغاز الساخن بحيث يمكن ضغطه بسهولة.

الضغط المتزامن (الخطوط 3 إلى 4): في هذه المرحلة، يتم ضغط الغاز عند درجة حرارة منخفضة ثابتة. يتم نقل الحرارة المنبعثة إلى الحوض البارد أثناء عملية الضغط. أثناء عملية الضغط ، يزيد المكبس من ضغط الغاز. تؤدي هذه الزيادة في ضغط المكبس إلى دفع الطاقة، مما يؤدي إلى زيادة حركة دولاب الموازنة.

التسخين الحجمي (الخطوط من 4 إلى 1): في عملية زيادة الحرارة الحجمية ، يقوم المكبس بنقل الغاز البارد مرة أخرى من الأسطوانة الباردة إلى الأسطوانة

الساخنة ويعاد تسخينه بواسطة مصدر الحرارة الخارجي وتتكرر دورة الإسترليني بأكملها.

مكونات المحرك الاسترليني

يحتوي محرك ستيرلينغ على المكونات الرئيسية التالية، والتي سنقدمها في ما يلي.

اسطوانة

تستخدم الأنواع المختلفة من محركات ستيرلينغ أعدادًا مختلفة من الأسطوانات.

يستخدم النوع ألفا أسطوانتين، وهما:

أسطوانة الجدار الساخن: هذه الأسطوانة متصلة بمصدر حرارة خارجي. ينقل مصدر الحرارة هذا الحرارة إلى غاز الأسطوانة. نتيجة لذلك، يسخن الغاز ويتمدد.

أسطوانة الجدار البارد: الغرض الرئيسي من التبريد هو تحويل الغاز الساخن إلى غاز بارد. تحتوي هذه الأسطوانة على جهاز تبريد يقوم بإزالة الحرارة من الغاز الساخن بحيث يمكن إعادة استخدام هذا الغاز.

يحتوي النوع بيتا على أسطوانة واحدة فقط، طرفاها:

الطرف البارد: يحتوي الجزء البارد على جهاز تبريد يحول الغاز الساخن إلى حالة باردة.

الطرف الساخن: يتم توصيل الطرف الساخن بمصدر تسخين ينقل الحرارة إلى الغاز داخل الأسطوانة.

مكبس

المكبس جهاز يدور من أسطوانة باردة إلى أسطوانة ساخنة والعكس صحيح. المكبس مسؤول عن توصيل طاقة الخرج النهائية للمحرك حتى يتمكن من تحريك الحمولة.هناك نوعان من المكابس المستخدمة في محرك ستيرلينغ وهما:

مكبس الطاقة: مكبس أصغر موجود في المحرك. يحتوي هذا المكبس على مانع تسرب قوي يعمل على ضغط الغاز البارد في الأسطوانة الباردة.

مكبس الإزاحة: مكبس كبير. هذا مكبس يمكن تركيبه بسهولة على الاسطوانة. يقوم المكبس الترددي بنقل الغاز من الأسطوانة الباردة إلى الأسطوانة الساخنة والعكس صحيح.

يعتمد عدد مكابس المحرك على نوع محرك ستيرلينغ ، مثل:

يحتوي محرك بيتا على مكبسين (أي مكبس إزاحة ومكبس طاقة).

يحتوي محرك الفا أيضًا على مكبسين، لكن كلاهما عبارة عن مكابس طاقة. ويحتوي محرك جاما على مكبسين (أي مكبس طاقة ومكبس إزاحة) متصلان بأسطوانتين مختلفتين (أسطوانة ساخنة وباردة).

غاز

يستخدم الغاز في محرك ستيرلينغ كبيئة عمل. يختلف أداء الغاز ودورانه وفقًا لأنواع المحرك، مثل:

في النوع ألفا، يتم حجز الغاز أولاً في أسطوانة ساخنة. عندما يقوم مصدر الحرارة الخارجي بتوصيل الحرارة إلى الغاز، فإنه يبدأ في التمدد. بسبب تمدد الغاز، يتحرك المكبس لأعلى وينقل الغاز من الأسطوانة الساخنة إلى الأسطوانة الباردة.

في حالة محرك ستيرلينغ بيتا، فإن الإزاحة تنقل الغاز بين النهاية الساخنة إلى الطرف البارد والباردة إلى النهاية الساخنة للأسطوانة.

مصدر حرارة خارجي

يُعرف المصدر المستخدم لتوصيل الحرارة إلى الطرف الساخن للأسطوانة (beta SE) أو جدار الأسطوانة الساخن (alpha SE) بمصدر الحرارة الخارجي. عندما ينقل مصدر الحرارة الحرارة إلى غاز الأسطوانة الساخن، تبدأ

الطاقة الكامنة للغاز في الزيادة مع تمدده. يؤدي هذا التمدد إلى تحريك المكبس إلى داخل الأسطوانة.

نظام التبريد

يحتوي محرك ستيرلينغ على نظام تبريد متصل بأسطوانة باردة (محرك من النوع بيتا) أو رأس أسطوانة بارد (نوع ألفا). الغرض من نظام التبريد هو إزالة الحرارة من الغاز الساخن وتحويله إلى حالة باردة حتى يتمكن المكبس من ضغطه بسهولة.

العمود المرفقي

يستخدم المشبك لنقل حركة المكبس إلى دولاب الموازنة. يقوم العمود المرفقي بتحويل حركة المكبس إلى حركة دورانية ويسلمها إلى الترس. يتم توصيل العمود المرفقي بالمكبس عبر دبوس العمود المرفقي.

دولاب الموازنة (Flywheel)

يتم توصيل دولاب الموازنة بالمطحنة. يستقبل الطاقة الميكانيكية (الحركة الدورانية) بواسطة المشبك ويخزنها لمزيد من النقل.

ما هي كفاءة محركات ستيرلينغ؟

تعتمد كفاءة محرك ستيرلينغ على اختلاف درجات الحرارة بين الأسطوانة الساخنة والأسطوانة الباردة. كلما كان الفرق في درجة الحرارة أصغر بين الأسطوانة الباردة والأسطوانة الساخنة، انخفضت كفاءة المحرك. يمكن لمحرك ستيرلينغ أن يوفر ما يصل إلى 40٪ من كفاءة تحويل الطاقة في التطبيقات الحرارية الشمسية.

كيفية زيادة كفاءة محركات ستيرلينغ

يمكن زيادة كفاءة المحرك الاسترليني بالطرق التالية:

زيادة الطاقة في المرحلة الأولى: في المرحلة الأولى من الدورة، يجبر الضغط الناتج عن الغاز الساخن المكبس على العمل. إذا كان الضغط أعلى في هذه المرحلة، فسوف يزداد خرج طاقة المحرك أيضًا. تتمثل إحدى طرق زيادة هذا الضغط في زيادة درجة حرارة الغاز.

تقليل استهلاك الطاقة في المرحلة الثالثة: في المرحلة الثالثة من دورة ستيرلينغ، يقوم المكبس بضغط الغاز باستخدام جزء من الطاقة المنتجة في المرحلة الأولى. يمكن أن يؤدي

تقليل الضغط في المرحلة الثالثة من الدورة إلى تقليل استهلاك الطاقة. هذا يمكن أن يزيد بشكل فعال من قوة المحرك. هناك طريقة أخرى لتقليل الضغط وهي خفض درجة حرارة الغاز عن طريق تبريده.

اختلاف درجات الحرارة المرتفعة: تساعد درجة الحرارة المرتفعة بين الأسطوانات الساخنة والباردة على زيادة كفاءة محرك ستيرلينغ.

لماذا لا تستخدم محركات ستيرلينغ غالباً؟

في جميع أنحاء العالم، يتم توليد أقصى قدر من الكهرباء من خلال التوربينات البخارية. وذلك لأن التوربينات البخارية تتمتع بدرجة عالية من المرونة ويمكن

أن تعمل باستخدام مجموعة متنوعة من مصادر الحرارة مثل حرارة المفاعل النووي أو الكتلة الحيوية أو الفحم. نادرًا ما يتم تفريغ محركات الستيرلينغ لتوليد الكهرباء. هذا لأنهم يحتاجون إلى سبائك غريبة في المبادلات الحرارية الخاصة بهم. من الناحية النظرية، هذه المحركات عالية الكفاءة، لكنها مكلفة وضخمة. عندما يتعلق الأمر بتوليد الطاقة، لا يمكن لمحركات ستيرلينغ أن تتطابق مع كفاءة التوربينات وأدائها وموثوقيتها على المدى الطويل. لهذه الأسباب، لا تحظى محركات ستيرلينغ بشعبية.

على أي أساس تعمل جميع أنواع محركات ستيرلينغ؟

يُعرف المحرك الذي يستخدم دورة ستيرلينغ بمحرك ستيرلينغ. تحتوي محركات الستيرلينغ على مصدر حرارة خارجي إضافي لتسخين سائل التشغيل (الغاز).

لماذا ليس من الشائع استخدام مجموعة متنوعة من محركات ستيرلينغ؟

إن استخدام أنواع مختلفة من محركات ستيرلينغ غير شائع للأسباب التالية:

إنها كبيرة الحجم.

لديهم تكلفة عالية.

تتطلب هذه المحركات مبادلات حرارية متطورة.

ما هي أنواع استخدامات محركات ستيرلينغ؟

تستخدم محركات الاسترلينيغ للتطبيقات التالية:

يمكن استخدامها كمضخات حرارية.

يمكن استخدامه كمحرك تبريد.

تستخدم للطائرات.

تستخدم في محطات الطاقة النووية.