**Име и класификация**

Името произлиза от Робърт Стирлинг, шотландски министър, изобретил първия двигател със затворен цикъл на въздуха през 1816 г. Fleeming Дженкин през 1884 предлага всички двигатели от такъв тип да се наричат ​​Стирлинг двигатели. Предложението не е посрещнато с голяма подкрепа и двигателите на пазара продължават да са известни с имената на техните създатали или производители, например двигател на Rider, двигател на Robinson, двигател на Heinrici. През 1940-те, компанията Philips използва наименованието "Стърлинг двигател" за своята конструкция на "въздушен двигател", който по това време е бил тестван с работни течности, различни от въздух.

Подобна на парния двигател, Стирлинг двигателят традиционно се определя като двигател с външно горене, като всички трансфери на топлина към и от работната течност се извършват посредством твърда граница (топлообменник), по този начин изолирайки горивния процес и замърсителите, които биха се произвели от работни части на двигателя. Това се различава от двигателя с вътрешно горене, където топлинната мощ се получава чрез изгаряне на гориво в рамките на работната течност. Повечето от многобройните приложения на Стирлинг двигателя попадат в категорията на бутални двигатели.

**Функционалност**

Двигателят е така конструиран, че работната газ се сгъстява в студената му част и се разширява в горещата му част, по този начин преобразувайки топлина в енергия. Вътрешният регенеративен топлообменник увеличава топлинната ефективност на двигателя в сравнение с обикновените двигатели с горещ въздух, при които той липсва.

**Ключови компоненти**

Топлината от двигателя на Стърлинг трябва да бъде предадена чрез топлообменници към работния флуид и след това към система за охлаждане. Система, имплементираща двигателя на Стърлинг, има поне един източник на топлина, една система за охлаждане и до пет топлообменника.

**Източник на топлина**

Източникът на топлина може да бъде осигурен чрез изгаряне на гориво. Понеже продуктите от горенето не се смесват с работния флуид и оттам не влизат в контакт с вътрешните части на двигателя, двигател на Стърлинг безпроблемно може да работи с горива, които биха повредели други двигатели, като например сметищен газ, който може да съдържа силоксан, който може да образува абразивен силициев диоксид в обикновените двигатели.

Други подходящи източници на топлина са слънчева енергия, геотермална енергия, ядрена енергия, отпадна топлина и биоенергия. Ако ще се използва слънчева енергия като източник на топлина, набавянето й може да се осъществи посредством слънчеви огледала и слънчеви панели. При проучване на повърхностите на планети, може да се използват лещи и огледала на Френел. Двигателите на Стърлинг, задвижвани от слънчева енергия, стават все по-популярни, тъй като предлагат екосъобразен начин за производство на енергия, като същевременно с това са и икономическо изгодни.

**Нагревател/топлообменник**

При малки двигатели това може да са стените на горещото място/места, но при необходимост от повече енергия е нужна по-голяма повърхност, за да се предаде достатъчно топлина. Обикновено това се постига с вътрешни и външни перки или много на брой тръбички.

**Регенератор**

При двигателя на Стърлинг, регенераторът е вътрешен топлообменник и временната топлина е поставена между горещите и студените места така, че работния флуид преминава първо в едната посока, след това в другата, взимайки топлина от флуида в едната посока и връщайки я в другата. Може да бъде нещо просто като метална мрежа или пяна. Предназначението му е да запази в системата топлина, която иначе би се обменила с околната среда при температури, междинни на максималните и минималните за цикъл, като по този начин дава възможност на термалната ефективност на цикъла да се доближи до ефекасността на Карно.

Основната цел на регенерацията в двигателя на Стърлинг е увеличаване на термалната ефективност чрез ‘рециклиране’ на вътрешна топлина, която в противен случай би минала през двигателя. Като вторичен ефект, увеличената термална ефективност продуцира повече енергия. На практика тази допълнителна енергия може да не бъде напълно реализирана.

Предизвикателство при създаването на регенератор е заделянето на достатъчно капацитет за трансфер на топлина без същевременно да се създаде твърде много вътрешен обем (“мъртво пространство”) или поточно съпротивление. Тези проблеми при конструирането са едни от многото фактори, които лимитират ефикасността на двигатели на Стърлинг на практика. Типична конструкция е смес от фини метални мрежички с ниска порьозност (с цел намаляване на мъртвото пространство), с оси на жиците, перпендикулярни на потока от газ с цел намаляване на проводимостта в тази посока и максимизиране на конвективния пренос на топлина.

Регенераторът е ключов компоненент, изобретен от Робърт Стърлинг, и наличието му отличава истински двигател на Стърлинг от всякакви други двигатели с горещ въздух със затворен цикъл.

**Охладител**

При двигатели с по-ниска мощност това може да са стените на студеното пространство/пространства, но при по-мощни двигатели е необходим охладител, който да използва течност (например вода), за да предаде нужната топлина.

**Система за охлаждане**

Обикновено това е средата при обичайната й температура.

Ако имаме средномощни или мощни двигатели, е необходим радиатор, който да предаде топлината от двигателя към въздуха.

**Заместител**

Това е бутало със специално предназначение, използвано в Бета и Гама двигатели на Стърлинг, то придвижва газта между горещите и студените топлообменници. Според типа на двигателя, заместителят може да бъде запечатан в цилиндъра.

**Конфигурации**

Има три основни типа двигатели на Стърлинг, различаващи се по начина по който придвижват въздуха между горещите и студените пространства:

1 – Алфа конфигурацията има две бутала, едно в горещ цилиндър и едно в студен цилиндър. Газта се предвижва между тях чрез буталата.

2 – Бета конфигурацията има един цилиндър с горещ край и със студен край, бутало и заместител, който движи газта между двете краища.

3 – Гама конфигурацията има два цилиндъра: един, съдържащ заместител с горещ и студен край и цилиндър за буталото.

АЛФА КОНФИГУРАЦИЯ

Алфа Стърлинг съдържа два бутала в отделни цилиндри, един горещ и един студен. Горещият цилиндър е ситуиран в горещия топлообменник, а студеният цилиндър в студения топлообменник. Този тип двигател има високо съотношение енергия-обем, но има технически проблеми заради (обичайно) високата температура на горещото бутало и издържливостта на уплътненията му. По принцип това бутало има голяма изолационна глава, която мести уплътненията от горещата зона, но по този начин се създават мъртви пространства. Ъгълът на коляновия вал има голям ефект върху ефикасността и най-добрият ъгъл обичайно се намира експериментално.

БЕТА КОНФИГУРАЦИЯ

Бета двигател на Стерлинг има единично бутало, разположено в същия цилиндър във вала, където е заместителното бутало. Заместителното бутало е хлабаво и не извлича енергия, а служи като совалка за работната газ между горещите и студените топлообменници. Когато газта е избутана към горещия край на цилиндъра, тя се свива и инерцията на машината избутва буталото на другата страна с цел сгъстяване на газта. За разлика от алфа конфигурацията, бета конфигурацията няма проблемите, предизвикани от движещите се горещи уплътнения.

ГАМА КОНФИГУРАЦИЯ

Гама двигателят на Стърлинг е Бета двигател на Стърлинг, при който буталото е монтирано в отделен цилиндър до цилиндъра със заместителното бутало, но също така е свързано към същото махово колело. Газта в двата цилиндъра може да се движи свободно между тях, запазвайки формата си. Тази конфигурация създава по-малко сгъстяване заради обема на връзката между двете, но механичната конструкция е по-проста и често се използва в двигатели на Стърлинг с много цилиндри.

ДРУГИ ТИПОВЕ

Ротационният двигател на Стърлинг цели да преобразува енергия от цикъла на Стърлинг в ускорение, подобно на ротационния двигател с вътрешно горене. Към момента няма създаден такъв тип двигател, но има създадени концепции, модели и патенти.

Друга алтернатива е Флуидния двигател, който използва хидравлични бутала за осъществяване на цикъла на Стърлинг. Енергията, произведена от този двигател отива в изпомпване на течността. В най-простата си форма, двигателят съдържа работна газ, течност и две възвратни клапи.

Двигателят на Рингбом е концепция, създадена през 1907, при която няма ротационен механизъм или връзка за заместителя. Вместо това се задвижва от малко спомагателно бутало, обикновено чрез дебел прът, като движението е ограничено посредством ограничители.

Двигателят на Франчот е двойнодействащ двигател, изобретен от ‘Франчот’ през 19-ти век. Двойнодействащият двигател е такъв, където двете страни на буталото се задейства от налягането на работната течност. Двигаттелят на Франчот се състои от две бутала и два цилиндъра, и се държи като две различни алфа конструкции. При двигателят на Франчот, всяко бутало има две фази на газта, което прави използването на механичните компоненти по-ефективно в сравнение с обикновена единична алфа конструкция.

**Двигателите на Стърлинг със свободни бутала**

Двигателите на Стърлинг със свободни бутала включват такива с течни бутала и такива, които имат мембрани за бутала. При тези устройства, енергията може да се добавя или премахва чрез електрически линеен алтернатор, помпа или друго коаксиално устройство. Така се елиминара нуждата от скачване и се намаля броя на движещите се части.  
Четири основни стъпки в цикъла на двигател на Стърлинг със "свободно бутало" са:

1. Буталото се изтласква навън посредством разширяването на газта, по този начин продуцирайки енергия. Гравитацията не оказва влияние в цикъла.

2. Обемът на газта в двигателя се увеличава и намаля налягането, което създава разлика в налягането на заместителния прът, принуждавайки го да се премести към горещия край. Когато избутвателят се движи, буталото е почти стационарно и обемът на газта е почти константен. Тази стъпка резултира в постоянно охлаждане, което намаля налягането на газта.

3. Намаленото налягане задържа пасивното движение на буталото и започва да ускорява към горещия край отново по собствена инерция, сгъстявайки вече студената газ, която е предимно в студеното пространство.

4. С увеличавенето на налягането се достига точка, където разликата в налягането около заместителния прът става достатъчно голяма, за да започне да го бута (заедно с него и заместителя) към буталото, по този начин намаляйки студеното пространство и прехвърляйки студената, сгъстена газ към горещата страна. Когато газта пристигне в горещата страна, налягането се увеличава и започва да мести буталото навън, по този начин започвайки стъпката на разширение, обяснена в (1).

През 1960-те, W.T. Beale изобретява двигател на Стърлинг със свободно бутало с цел преодоляване на трудността от смазването на механизма на манивелата. Изобретяването на стандартния двигател на Стърлинг със свободно бутало по принцип се свързва с Beale, подобни типове двигатели са създавани и от E.H. Cooke-Yarborough и C. West. G.M. Benson също има важни приноси към концепцията и има много патенти за двигатели със свободни бутала.

Стърлинг машина със свободни движещи се компоненти за първи път е патентирана в Англия през 1876 г. Машината е била предвидена да бъде хладилник (обърнат цикъл на Стърлинг). Първият продукт, използващ свободно бутало е бил портативен хладилник, произведен от Twinbird Corporation в Япония и представен в САЩ от Coleman през 2004 г.

**Термоакустичен цикъл**

Термоакустичните устройства са много по-различни от типичните Стърлинг устройства, въпреки че пътят, изминат от всяка една молекула газ е като при обикновен цикъл на Стърлинг. Тези устройства включват термоакустичен двигател и термоакустичен хладилник. Акустични вълни с висока амплитуда причиняват сгъстяване и разширяване, аналогично на Стърлингово бутало, докато извънфазни акустични пътуващи вълни предизвикват изместване по температурен градиент, аналогичен на Стърлингово заместително бутало. Термоакустичните устройства обикновено не разполагат със заместителя, който е наличен при Стърлинг бета и Стърлинг гама.

**Други разработки**

През 1986 г. Infinia Corporation започва да разработва високонадеждни импулсни Стърлинг двигатели със свободно бутало и термоакустични охладители. Конструкцията използва огъващи се лагери и херметически затворени хелийни газове. Към 2010 г., корпорацията има повече от 30 патента и редица търговски продукти за производство на енергия. Наскоро, НАСА разглежда ядрено разпадане нагрява Стирлинг Двигател за продължителни мисии в външната слънчева система.