



UPPSALA UNIVERSITET
Ingenjörprogrammen

Rapport
Praktisk
prototypframtagning
Sterlingmotor

2004-06-24

Skrivet av:
Gustaf Troëng

Lärare : Claes Aldman

Sammanfattning

I denna rapport behandlas sterlingmotorns historia, användning och funktion. Även diskussion kring hur motorn, som byggts i den praktiska delen av kursen, kan förbättras kommer att redovisas. För att kunna få den information som behövs till arbetet har jag använt Internet och det jag lärt mig efter försök och diskussion i verkstaden.

Sterlingmotorn uppfanns i Skottland av R. Sterling i början av 1800-talet som ett säkrare alternativ till ångmotorn. Den kan drivas av praktiskt taget vilket bränsle som helst, allt som behövs är något som alstrar värme. Det är även den motorn som kan komma upp i högst verkningsgrad, upp till 50 %. Motorn har aldrig massstillverkats, troligtvis beroende på att den inte ger så mycket effekt. På senare tid har den dock fått ett ökat intresse beroende på att den är så miljövänlig.

Sterlingcykeln, det som får motorn att gå, bygger på att en begränsad mängd gas finns inne i motorn; en gas man får att utvidgas och dras ihop genom temperaturvariationer vilket slutligen överförs till mekaniskt arbete genom en effektpistong. Motorn kan konstrueras på flera olika sätt, vanliga typer är Δ , \square , \square , \square och s.k. pistonglösa sterlingmotorer.

Motorn jag byggt blev klar och fungerade efter ca 30 timmar i verkstaden. Temperaturskillnaden genereras där genom värmeljus på undersidan och is på ovansidan. Ett sätt att förbättra motorn ytterligare skulle exempelvis kunna vara en bättre kylanordning ovanpå.

Inledning

I kursen praktisk prototypframtagning har vi fått bygga en sterlingmotor för att få färdigheter i att tillverka egna konstruktioner, vi ska även lära oss om sterlingmotorers historia, användning och funktionen av olika typer av sterlingmotorer och redovisa detta i en rapport.

Tillverkningen skedde i verkstaden på skolan. Genom att såga, svarva och borra har de delar som behövdes till motorn tillverkats. Dessa delar limmades och skruvades sedan ihop till en fungerande motor. Insamlandet av information till rapporten har skett genom sökning på Internet.

Arbetet i verkstaden pågick under vecka 24 och 25 och rapporten skrevs undertiden och in på vecka 26.

Historik

Sterlingmotorn uppfanns av pastor Robert Sterling 1816. Det första användningsområdet för motorn var att pumpa upp vatten ur en gruva. Vissa menar att Sterling utvecklade motorn huvudsakligen för arbetarnas skull. Med hans uppfinning behövde de inte oroa sig för att motorn skulle explodera, vilket ångmotorerna ofta gjorde på den tiden.

Omkring 1850 tillverkade uppfinnaren John Ericsson en sterlingmotor som gav mellan 0.5-5 hästkrafter. Av denna sålde han nästan 2000 stycken i Storbritannien och Amerika. Därefter tillverkades många motorer som skulle bli effektivare och ha högre kapacitet. Kapaciteten hos sterlingmotorerna kunde ändå inte mäta sig med bensin- och dieselmotorerna, och de kom därför i skymundan.

Senare började mycket forskning på sterlingmotorer bedrivas i Europa och Nordamerika och efterhand även i Japan.

Nu verkar det som om fler företag satsar på sterlingmotorer. En anledning är att de är så miljövänliga eftersom de inte genererar farliga restprodukter, förutsatt att man inte använder en icke miljövänlig värmekälla. Sterlingmotorer används idag bl.a. i ubåtar, kylskåp, ventilationssystem och av Nasa i olika rymdprojekt. Ett företag utvecklar sterlingmotorer som går på solenergi.

Hur en sterlingmotor fungerar

Sterlingmotorn fungerar enligt sterlingcykeln som bygger på att en begränsad mängd gas, oftast luft, finns i en behållare i motorn och tryckförändringar får motorn att gå. Den ideala termiska effekten i sterlingcykeln är samma som i *Carnotcykeln*, vilken har den teoretiskt högsta effektiviteten. Uttrycket för Carnot-effektiviteten är:

$$1 - \frac{T_{kall}}{T_{varm}}$$

Där T_{kall} är temperaturen på den kalla sidan och T_{varm} är temperaturen på den varma sidan. Det finns sterlingmotorer som har upp till 50% effektivitet. Man vill få gasen (luften) i motorn att pendla mellan den varma och den kalla sidan så att tryckförändringar uppstår då gasen expanderas och komprimeras. Till detta finns en förflytningspistong, i min tillverkade motor utgörs denna av en frigolitskiva. Ofta har man en regenerator mellan den varma och kalla sidan vilken fungerar som en barriär och som värmelagrare.

Sterlingmotorn går till skillnad från bensin- och dieselmotorer väldigt tyst eftersom inga explosioner äger rum.

Den modell vi byggt startar genom uppvärmning på undersidan av behållaren, följt av att man snurrar igång hjulet lite försiktigt så att frigolitskivan drar med sig luft till den undre, varma sidan. Detta får luften att expandera och effektpistongen (högra kolven, Figur 1), trycks uppåt. Samtidigt dras frigolitskivan upp och "flyttar" upp luften, som i sin tur kyls av den kallare

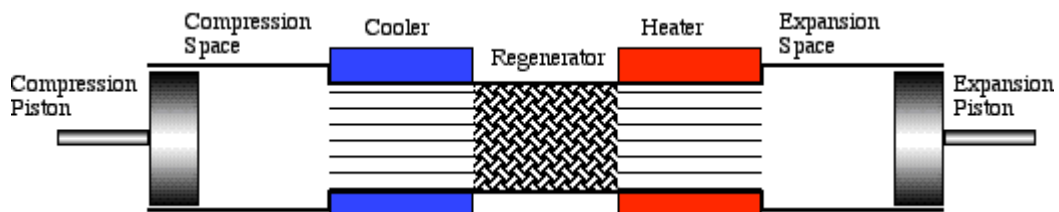
ovansidan, vilket får luften att förtätas och effektpistongen åker ner. Därefter fortsätter det på samma sätt tills värmskillnaden blir för liten, eller tills något annat oväntat inträffar (en skruv lossnar eller frigoliten smälter t.ex.).



Figur 1: skiss över motorn jag byggt

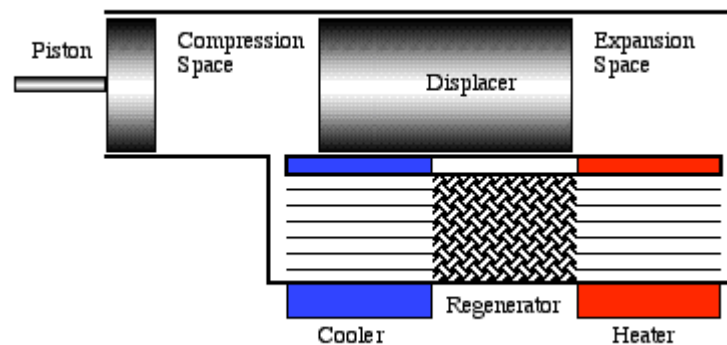
Det finns två huvudtyper av sterlingmotorer, den kinematiska och den pistonglösa. Den kinematiska motorn har pistonger fästa vid drivningsmekanismen vilka överför den linjära rörelsen till rotation. Den kinematiska kan i sin tur delas in i alfa, beta och gamma.

Alfa har två effektpistonger (eng. power pistons), en för den kalla sidan och en för den varma sidan (se figur 2). Denna typ är den enklaste varianten, en nackdel här är att man måste ha tätning på båda sidor så att inte gasen slinker ut.



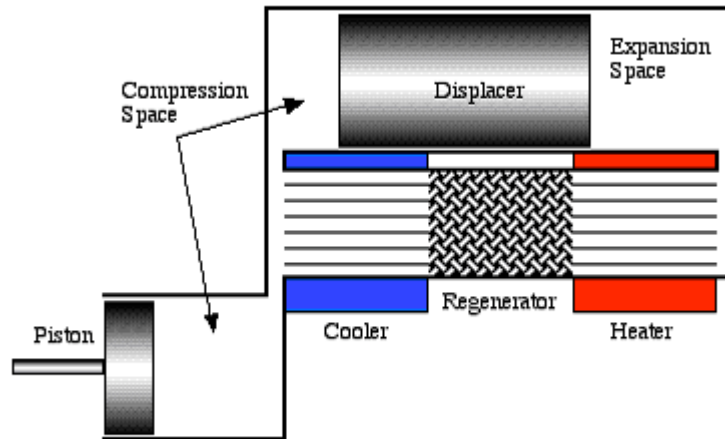
Figur 2: Bild över en typisk Alfa sterlingmotor

Beta har pistong och förflyttare i en cylinder (se figur 3). Förflyttaren är bara till för att flytta gasen, den tillför ingen effekt. Detta är den klassiska varianten av sterlingmotor, samma typ som sterling tog patent på 1816.



Figur 3: Bild över en typisk Beta sterlingmotor

Gamma har pistong och förflyttare i separata cylindrar (se figur 4). Den är mekaniskt enklare eftersom den bara behöver vara tät vid arbetskolven vilket gör att den är populär bland modell- och hobbybyggare. Denna typ av sterlingmotor används ofta i flercylindriga sterlingmotorer.



Figur 4: Bild över en typisk Gamma sterlingmotor

Även en typ som heter delta (eng. low delta T) finns. Grunden till denna lades av Jugoslaven Ivo Kolin, som 1983 presenterade en motor som gick med små temperaturskillnader. Vad jag förstått är det denna typ vi har byggt.

Den pistonglösa motorn använder harmonisk rörelsemekanik. Pistongerna är inte fästa vid något som roterar effekten tas ut från den linjära rörelsen. Gamma-typen är den som oftast används för pistonglösa motorer. Denna utvecklades av William Beale på 1960-talet. Han skapade senare företaget Sunpower, som bl.a. tillverkar kylanordningar som bygger på sterlingcykeln.

Hur min byggda Sterlingmotor kan förbättras

För att få högre effekt kan man öka trycket genom att t.ex. öka temperaturen med fler ljus eller öka noggrannheten på kolven så att inte luft pyser ut. Att öka temperaturen fungerar bara till en viss gräns, om det blir för varmt smälter frigoliten. Istället kan man då göra kylningen på ovansidan mer effektiv, genom att t.ex. lägga på is, eller fästa en kylfläns där.

För att öka varvtalet på motorn gäller samma sak som för att få högre effekt. Högre effekt ger högre varvtal. Billigare material är svårt för mig att veta eftersom jag inte är så insatt i pris på metaller och plaster. Vad jag förstod så var kullagren de dyraste delarna och även väldigt viktiga.

En sak som kanske skulle kunna ändras är förflyttaren. Om det finns något lätt som tål högre temperatur än frigolit, skulle det vara bra. Förövrigt känns konstruktionen optimerad, men det finns alltid saker som kan göras bättre, t.ex. kylningen. I nuläget blir ovansidan lätt varm p.g.a. att värme leds upp, troligtvis via skruvarna. Här skulle man kunna ha någon typ av isolering. Ett annat sätt att få en kallare ovansida är att helt enkelt lägga isbitar på, men det blir blött och slabbigt. Någon sorts behållare för is på ovansidan kunde där vara en lösning.

Om det finns material som kan ge lägre friktion mellan kolven och röret den rör sig i, skulle det vara en förbättring. I just min motor är kolven lite för liten vilket gör att luft sipprar ut, inte bra. Med svarven som användes för att tillverka kolven var det dock svårt att få till den noggrannhet som är önskvärd.

Källor:

<http://www.stirlinghotairengine.com>, tillgänglig 16 juni 2004.

<http://www.bekkoame.ne.jp/~khirata/>, tillgänglig 24 juni 2004.

<http://travel.howstuffworks.com/stirling-engine.htm>, tillgänglig 16 juni 2004.

<http://www.kockums.se/>, tillgänglig 16 juni 2004.

<http://www.sunpower.com/>, tillgänglig 18 juni 2004.

<http://www.stirlingengine.com>, tillgänglig 18 juni 2004.

<ftp://ftp.pasco.com/manuals/English/SE/SE-8576/012-06870A/012-06870A.pdf>, tillgänglig 24 juni 2004

Bildkällor:

<http://www.ent.ohiou.edu/~urieli/stirling/engines/engines.html>