

# **Stirlingmotorn - en underskattad uppfinning?!**

Av

Tobias Johansson

Nordenbergsskolan 2012-03-17

Projektrapport

## Innehållsförteckning

Sammanfattning/abstract.....	s.3
Bakgrund.....	s.4
Mål och syfte.....	s.4
Tillvägagångssätt.....	s.5
Slutsatser.....	s.6
Motordesigner (Bilaga).....	s.7
Planering (Bilaga).....	s.8
Tabeller (Bilaga).....	s.9
Frågor Kockums (Bilaga).....	s.10
Källhänvisning (bilaga).....	s.11

## **Sammanfattning/abstract**

Det primära målet med projektet var att undersöka om stirlingmotorer kan användas i större utsträckning än de görs idag för att generera energi på ett miljövänligt sätt. Ett delmål var att designa en stirlingmotor för att lättare kunna förklara principen tekniken bygger på.

Jag började med forskning om motorn och fortsatte sedan med designen av min prototyp. Efter det lade jag fokus på bland annat byggnadsintegration och stirlingmotorns nuvarande användningsområden. I samband med materialundersökningen jag gjorde för att fastställa vilka material som var optimala undersökte jag även möjligheten för att få min prototyp tillverkad.

Jag kom fram till att byggnadsintegration är möjlig under de rätta förutsättningarna och att det skulle kunna resultera i en mer eller mindre totalt miljövänlig el-produktion. De nuvarande användningsområdena var förvånande små, motorerna används i några få kraftverk samt i ubåtar. Prototypen skulle bli för dyr för att tillverka som fungerande modell, den blev istället utskriven av en 3D-printer i ett plastmaterial.

## Bakgrund

Stirlingmotorn har, till skillnad från t.ex. ottomotorn och dieselmotorn, ingen intern förbränning. Det betyder att möjligheten finns att driva motorn helt utan någon miljöpåverkan. Stirlingmotortekniken bygger på att motorn har tillräckliga tryckskillnader och ett tätt system. Tryckskillnaderna uppnås genom att motorn har två primära delar, värmedelen och kyldelen. Då värmedelen värms upp expanderar arbetsgasen och ett tryck bildas i motorn. När motorns rörliga delar sätts i rörelse förflyttas den varma gasen till motorns kalla del och kyls ned, då ändras åter igen trycket. Så länge man kan uppnå tillräckliga temperaturskillnader fortsätter motorn att gå. (1)

Då man värmer motorn genom en extern källa finns det många potentiella användningsområden att utforska. T.ex. integration i industribyggnader, där motorn skulle kunna värmas upp med restvärmen från diverse tillverkningsprocesser.

## Mål och syfte

Syftet med projektet var att undersöka möjligheten för stirlingmotorn att användas för elproduktion i större kommersiell utsträckning än vad den görs idag. Jag ville också kunna förklara stirlingteknikens relativt enkla princip, som kan vara svår att förstå för icke insatta. Detta för att upplysa folk om att ett svar på många av dagens miljöfrågor redan finns att tillgå.

Projektmålet var att komma fram till en slutsats angående byggnadsintegrationen och övriga områden stirlingmotorn skulle kunna tillämpas inom. Ett delmål var att designa och få fram en prototyp av en stirlingmotor i utbildningssyfte

Min hypotes var att stirlingmotorn inte användes så mycket som den borde. Detta på grund av att elpriserna är så låga som de är, vilket resulterar i en lätt ovilja av många företag att satsa på förnybara energisystem.

## Tillvägagångssätt

Jag inledde mitt arbete med forskning om och kring stirlingmotorn. Efter jag samlat ihop tillräckligt med information för att inleda min motordesign initierade jag designarbetet. Jag började först med lite enkla grundövningar för att lära mig 3D-cad-programmet jag valde att arbeta i (Autodesk Inventor 2012) sedan började jag med designen av min motorn.

Min första motordesign baserades på två delar som var förankrade i basplattan, cylinderramen och svängstället. Under designprocessen lärde jag mig emellertid en del viktiga detaljer om stirlingmotorer och tillverkningsprocessen som följer, som skulle få min syn på den ursprungliga motordesignen att ändras. Jag ansåg att jag hade en motor som var alldeles för instabil. Detta på grund av att jag endast hade ett enda svängställ och inget som säkrade kullagrets och därmed svänghjulets stabilitet.

För att lösa dessa problem som uppstod kring min ursprungliga motor valde jag att göra en helt ny design. Min nya motordesign består av tre delar som fästs på basplattan istället för två som min första design hade. Detta resulterar i en mycket stabilare motor. Jag satte även in kullagerna i svängställen där de fästa med en bricka med hål i. Jag bestämde även vilka material jag skulle välja om jag tillverkade motorn.

När designen var klar undersökte jag möjligheten att tillverka motorn som en fungerande modell, men valde sedan att tillverka den i en plastmodell i skala 1:1.

Efter design och tillverkningsprocessen påbörjade jag forskningen kring stirlingmotorernas möjlighet att appliceras till byggnaders energisystem. Jag fokuserade främst på integration i industribyggnader i samband med en värmeutvecklande tillverkningsprocess. Med en process som utvecklar tillräckligt hög värme för stirlingmotorn att verka skulle det vara möjligt att driva den helt miljövänligt med restvärme som annars bara skulle släppts ut i tomma luften.

Något jag också undersökte var förhållandet mellan verkningsgrad på stirlingmotorn och andra motorer.

## Slutsatser

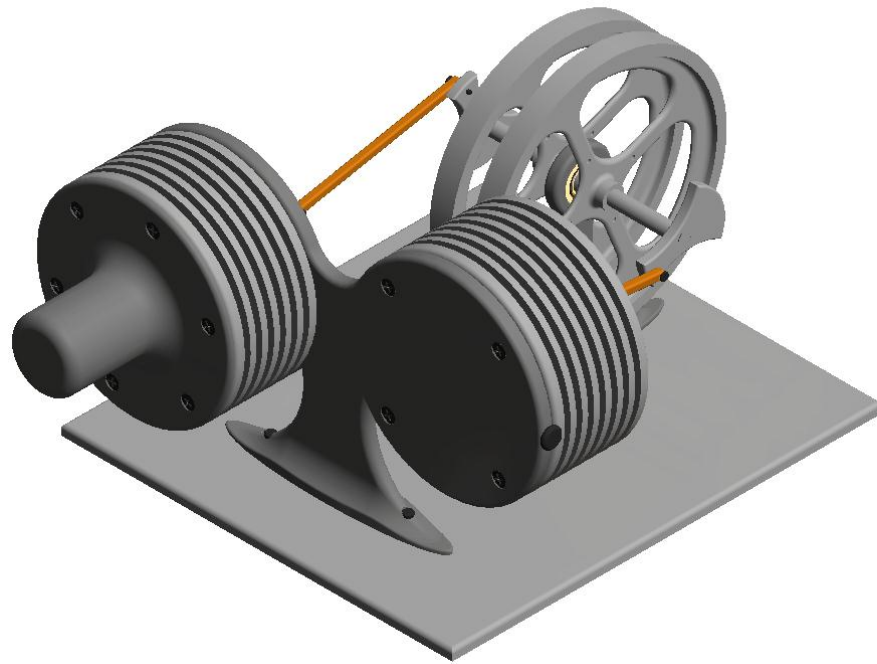
Angående materialen till min prototyp fann jag att material med låga friktionstal är att föredra. Detta är naturligtvis något som tillämpas även på motorer i större skala. Friktionen i motorn och tätheten är nämligen viktiga faktorer för stirlingmotorns verkningsgrad. Materialen som jag har valt visas i "Tabell 1". En jämförelse av verkningsgrad visas i "Tabell 2".

Byggnadsintegrationen av stirlingmotorn finns redan på marknaden (2). Jag har dock inte hittat något företag som använder stirlingmotorer som drivs av restvärmen av deras tillverkningsprocesser, vilket förvånar mig. Systemen som fanns på marknaden byggde mest på att värma upp motorn med hjälp av oljepannan eller genom att bränna pellets (3). Det är visserligen bra om man vill ha ut elektricitet från värmen men det resulterar inte i "miljövänlig el". Om man istället skulle fokusera på att utveckla stirlingmotorer som drivs av restvärme, som i sin tur kopplas till en generator vilken alstrar elektricitet, skulle man kunna uppnå denna "miljövänliga el".

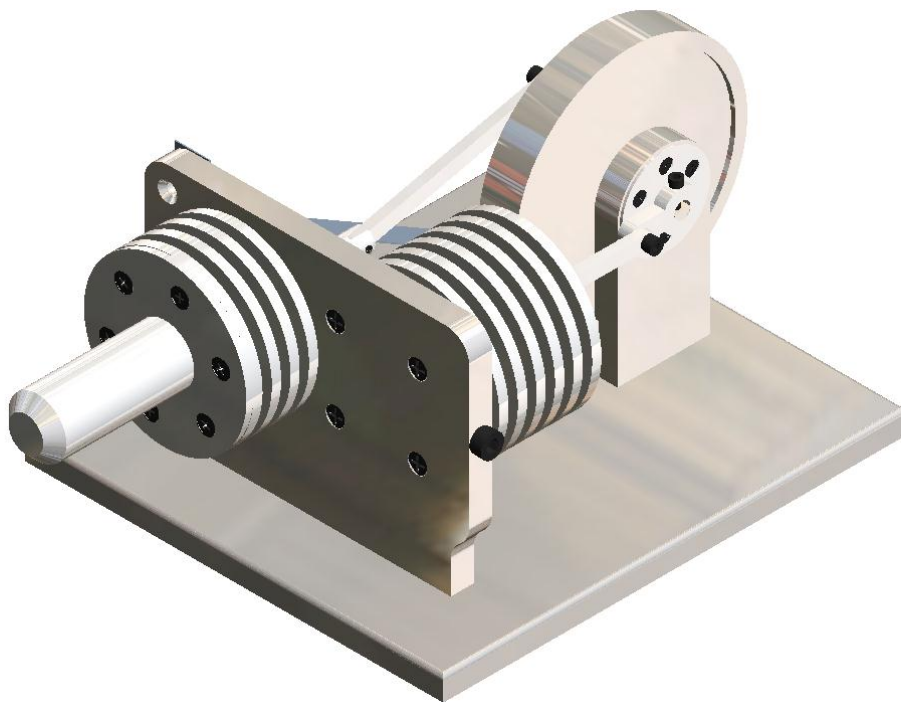
Enligt mina efterforskningar har produkterna som finns på marknaden idag inte fått någon genomslagskraft på grund av det dyra tillverkningspriset som följer med stirlingmotorer (4). Det gör att produkterna inte skulle löna sig att köpa.

Stirlingmotorer används idag främst inom två områden, solkraft och i ubåtar. I ubåtar används de främst för att de är extremt tysta (5). Det som låter är friktionen från motorn, vilket ligger på en relativt låg ljudnivå. I området solkraft används motorn genom att man riktar speglar, vilka genererar värmen som krävs för att en bra verkningsgrad ska uppnås. Den driver sedan en generator som alstrar el (6). Då soldrivna stirlingmotorer både är tysta och relativt små kan de vara utmärkta alternativ till vindkraft, som många tycker är alldeles för stora, eller vattenkraft som lätt kan störa fiskarnas parningsleder (7). Tillämpningsområdena för soldrivna stirlingmotorer är däremot begränsat till platser med många soldagar (8).

Jag har följt min projektplan och inte gjort några ändringar. Det enda problem som har hindrat projektet har varit att jag underskattade tillverkningskostnaden på motorn, men då en plastmodell blev tillverkad ser jag inte det som ett kritiskt problem.



*(Ursprunglig motordesign)*



*(Slutgiltig motordesign)*

## Upplägg PA





<b>Komponent</b>	<b>Material</b>	<b>Anledning</b>
Kylcylinder (kyl)	Aluminium	Spara vikt
Kylcylinder (värme)	Aluminium	Spara vikt
Värmecylinder	Stål	Värmetåligt
Svänghjul	Aluminium	Spara vikt
Svängställ	Stål	Behöver vara stabila för att hålla svänghjulet på plats
Kylkolv	Grafitnylon	Måste ha ett lågt friktionstal samt vara lätt
Värmekolv	Aluminium	Materialet måste vara värmetåligt och rätt starkt
Kolvstag	Aluminium	Lätt och starkt
Basplatta	Stål	Tungt och stabilt
Cylinderram	Stål	Måste vara extremt stabil
Cylinderplugg	Grafitnylon	Måste ha ett lågt friktionstal för att staget ska glida fritt

(Tabell 1, materialförslag)

<b>Motortyp</b>	<b>Verkningsgrad</b>
Ångmotor	Ca 20%
Bensinmotor	Ca 30%
Dieselmotor	Ca 40%
Stirlingmotor	Ca 35%
Gasmotor	Ca 36%

(Tabell 2, jämförelse verkningsgrad) (9)

## Frågor Kockums

1. Till vilka branscher tillverkar ni stirlingmotorer?
2. Vilken är den största nackdelen med stirlingmotorer?
3. Hur gör ni för att få tillräckliga tryckskillnader inuti motorn?
4. Vilken gas är den optimala och varför?
5. I små motorer är det en 90-graders offset mellan kolvarna, är det samma i de större?
6. Vilka material används för att minska friktionen, grafit etc. Eller smörjning?
7. Vilka temperaturer måste uppnås för att motorn ska fungera bra?
8. Vilken verkningsgrad har ni på motorerna? Kan den förbättras?
9. Har ni planer på att integrera motorerna i byggnader för att sen kopplas till generatorer?
10. Vilka mått, dvs. Vilka skillnader är det mellan volymerna?

1. Kockums tillverkar stirlingmotorer endast till ubåtar. Det finns dock företag som Ripasso som fokuserar på solenergi.
2. Priset är den största nackdelen, en motor i "standardstorlek" kan kosta upp emot 2 miljoner kronor.
3. Hög värme respektive lågvärme är det viktigaste.
4. Helium, tack vare de små atomerna och brandsäkerheten
5. ----
6. Fick ingen riktig info om det, men smörjning till kugghjulen.
7. Ju större skillnader desto högre verkningsgrad.
8. Ungefär samma som i dieselmotorer, ca 35%.
9. Nej, inte än så länge.
10. Samma cylindervolym .

## Källförteckning

1. <http://sv.wikipedia.org/wiki/Stirlingmotor>
2. <http://www.whispergen.com/main/PRODUCTS/>
3. [http://www1.kwb.at/at/index.php?option=com\\_content&task=view&id=193&Itemid=170](http://www1.kwb.at/at/index.php?option=com_content&task=view&id=193&Itemid=170)
4. Se "[Frågor Kockums](#)"
5. <http://www.kockums.se/produkter-tjanster/ubatar/>
6. [www.ripassoenergy.com](http://www.ripassoenergy.com)
7. <http://miljoaktuellt.idg.se/2.1845/1.187826/vattenkraftverk-dodade-71-procent-av-alarna>
8. <http://www.ripassoenergy.com/suitable.html>
9. <http://sv.wikipedia.org/wiki/Ångmotor>  
<http://sv.wikipedia.org/wiki/Ottomotor>  
<http://evworld.com/international/sverige/index.cfm?link=VARF%C3%96R%20ELDRIFT>