

課題情報シート

テーマ名 :	スターリングエンジンの設計・製作				
担当指導員名 :	山崎 隆治	実施年度 :	27 年度		
施設名 :	東北職業能力開発大学校 附属 青森職業能力開発短期大学校				
課程名 :	専門課程	訓練科名 :	生産技術科		
課題の区分 :	総合製作実習課題	学生数 :	3 人	時間 :	12 単位 (216h)

課題制作・開発のポイント

【開発（制作）のポイント】

近年、環境に悪影響を及ぼす排気ガスなどが問題になってきています。スターリングエンジンはガソリンエンジンとは違い、熱源を選ばないため、環境にやさしいエンジンになります。そこでスターリングエンジンのエネルギーを有効利用ができるものを作りたいと思い製作に取り組みました。

スターリングエンジンの動作は、密封されている作動ガス(空気)を外部より加熱・冷却し、その膨張・収縮による内部圧力の変化を利用しています。その為、暖房などの廃熱、太陽熱等、あらゆる熱源を利用することができます。しかし、エンジン出力が小さく十分な出力を得るためには装置が大型化するという欠点があります。問題点を整理し、実用的に利用出来るものへ繋げていくことを目標としました。

【訓練（指導）のポイント】

スターリングエンジンは部品構成が比較的簡単であり、さらに部品点数も少ないものの、設計の重要項目である部品の強度解析、立体認識による部品の組立、干渉チェックそして運動解析についての理解が必要です。

また部品を作製するにあたり、加工工程の検討、材質による特徴と加工法との関係について学生に習得させることができました。

課題に関する問い合わせ先

施設名 : 東北職業能力開発大学校附属青森職業能力開発短期大学校
住所 : 〒037-0002 青森県五所川原市大字飯詰字狐野 171-2
電話番号 : 0173-37-3201 (代表)
施設 Web アドレス : <http://www3.jeed.or.jp/aomori/college/>

スターリングエンジンの設計・製作

指導教員 山崎隆治

1. はじめに

最近、環境に悪影響を及ぼすエネルギーが主流になってきているためスターリングエンジンのような環境に影響を及ぼすのが比較的少ないエネルギー有効利用ができるものを作りたいと思い製作に取り組んだ。設計には CAD、加工には旋盤、フライス盤を使い製作をし、スターリングエンジンの製作の中で更なる技術の向上を目指し、製作に取り組んだ。

2. スターリングエンジンについて

1816年スコットランドのロバート・スターリングによって発明された。スターリングエンジンはシリンダー内のガス又は空気を加熱・冷却させることで体積を膨張・収縮させることで出力を取り出す外熱機関である。スターリングエンジンは主に3つのタイプに分かれ、 α 型、 β 型、 γ 型がある。そのなかでも他の型と比べ構造が簡単化でき、高い圧縮比を比較的安易に得ることが出来る α 型の2ピストン型スターリングエンジンを製作することにした。図1にスターリングエンジンの形式を示す。PPはパワーピストン、DPはディスペーサ、HRCは熱交換器(ヒータ、再生器、クーラ)を示す。

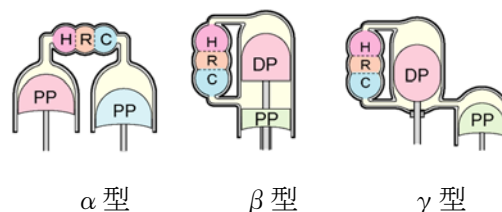


図1 スターリングエンジンの形式

3. 製作

3-1. 製作の流れ

①設計

卒業生が残したスターリングエンジンを参考に部品、材料、寸法を決め3次元CADを使い部品図を作り、アセンブリを行い干涉チェック、動作チェックを行った。

今回製作したスターリングエンジンの全長は160mm、幅は80mm、高さは40mmとなっている。全体図を図2に示す。

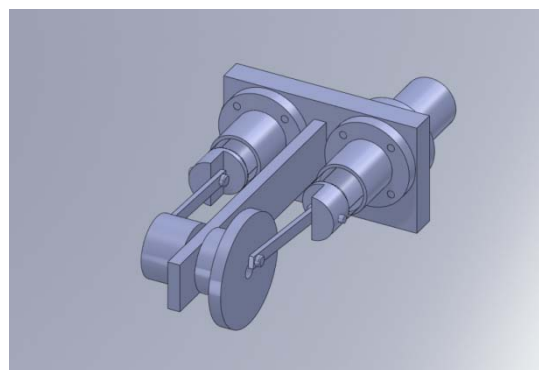


図2 全体図

②部品製作

部品は製作または購入した。加工では主に旋盤、フライス盤を使用し各部品を製作した。

③組立

製作した部品を組立、調整を行った。

④動作確認

ガスバーナーを使い加熱シリンダーを加熱し、動作を確認した。

3-2. 加工

加工で購入した角材、丸棒を帯鋸盤で切断し各部品の製作を行った。

各部品の詳細を図3に示す。

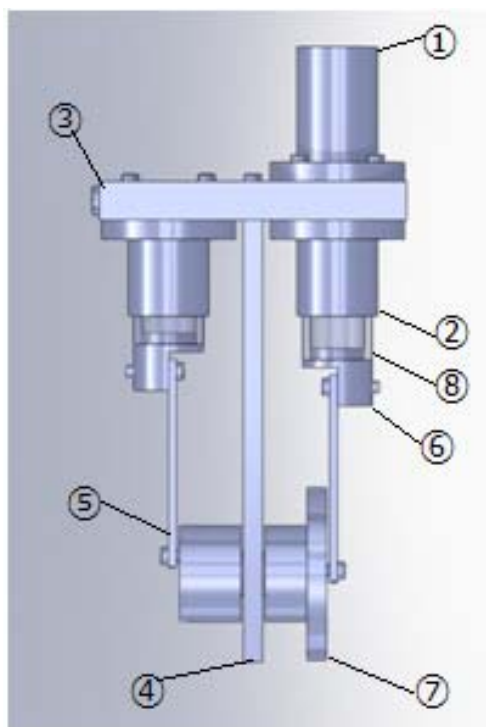


図3 各部品の詳細

加工する部品を表1に示す。

表1 加工部品まとめ

No.	部品名	材料
1	加熱シリンダー	鋼
2	シリンダーカバー	
3	連結板	
4	フレーム	
5	接続棒	アルミ
6	ピストンホルダー	
7	フライホイール	真鍮
8	ピストン	ガラス
9	シリンダー	

またシャフト、ベアリング、ネジ等は既存の製品を使うこととした。

次に部品加工に使用する工作機械を表2に示す。

表2 工作機械まとめ

No.	部品名	機械名
1	加熱シリンダー	旋盤、フライス盤
2	シリンダーカバー	
3	連結板	フライス盤
4	フレーム	
5	接続棒	切断機、フライス盤
6	ピストンホルダー	旋盤、フライス盤
7	フライホイール	
8	ピストン	切断機、グラインダー
9	シリンダー	

3-2-1. 旋盤

シリンダーカバー製作では、まず旋盤で外径加工、内径加工をし、ネジ穴加工の順で行ったが、ネジ加工の際バイスで挟むとシリンダーカバーの内径が歪んでしまう問題があった。そこで外径加工をした後にフライス盤でネジ加工を行い内径加工することで解決した。

3-2-2. フライス盤

フライス盤ではスターリングエンジンの胴体部分を加工した。加工の際に材料がビビってしまったことが原因で曲がったため、加工の際には、チャックの閉める強さや一回ごとの削る量に注意しながら加工するようにした。

3-2-3. 穴あけ

初めにボール盤で穴あけをしたのだが、座標の固定がうまくいかず、穴がずれてしまった。そこでフライス盤を使い、穴あけをすることにした。フライス盤にアキュセセンターを取り付け材料の座標を取り、寸法にあったドリルに変えて穴あけを行う。そうすることによって穴あけの際、穴がずれてしまうという問題は改善した。

3-2-4. タップ

ネジ穴加工はタップを使用した。その際にタップが折れてしまうことが数回あった。改善としては無理に力を加えないことや、まっすぐにタップを入れることを心掛け、使用することによって改善した。

3-3. 組立

製作又は購入した各部品をネジ、シリコン

樹脂を使い組み立てた。このときスムーズに動くように調整しながら行った。

3-4. 動作確認

組立てたスターリングエンジンをバイス等で固定し、ガスバーナーを使い加熱した。加熱する際、フライホイールを手で回し、実際に動作するための勢いをつけさせたが、結果として動かなかった。

3-5. 原因の分析

動かなかった原因として以下の点が考えられる。

- ・空気漏れ
- ・低温側に熱が伝わる
- ・空気の加熱容量不足

空気漏れの問題ではシリンダー、ピストン加工の際、ガラスを切断機で寸法に合わせて切るのだが、切断中にガラスが割れてしまい思うように加工出来なかった。また比較的割れが小さかったガラスを、グラインダーを使い、切った面を平行にする作業でも力加減が難しく亀裂が入ってしまい割れてしまうことがあった。図4に示す。結果的に多くのガラスを割ってしまいピストンの1つをアルミで代用した。アルミのピストンを製作し、スターリングエンジンを動かしたが、空気漏れが発生してしまった。



図4 シリンダー（ガラス割れ）

また熱が伝わってしまう問題では連結板の高温側と低温側との距離が短く、熱が伝わってしまうことが考えられた。そこで高温側と低温側の距離を長くし、熱を伝えるにくくするため、幅を 80mm→100mmに変更することにした。図5に示す。



図5 連結板（比較）

加熱シリンダーの空気容量不足では、加熱シリンダーの大きさを 35mm→70mmに大幅に変更することにした。



図6 加熱シリンダー（比較）

連結板、加熱シリンダーの大きさを変更したものを製作し、組立て、動作確認したが動かなかった。そこで考えられる問題点

として、空気漏れが大きく熱を放出してしまいうまく膨張しなかったことが考えられる。



図7 スターリングエンジン（試作）

4. おわりに

設計に時間がかかってしまったため、加工する時間があまりとれなかった。授業の中であまり学ぶことがなかったスターリングエンジンの特徴、仕組みについて学ぶことができた。

総合制作の中で実行したこと、理解できたことはとても良い経験になった。これを今後活かしていきたい

次年度は実験・評価・試験を改めて実行し、機器の完成を目指してほしい。

参考

- (1) 模型スターリングエンジンを用いた設計教育
<http://www.nmri.go.jp/eng/khirata/isec/jp/edu/hamaguchi/education/index.html>
- (2) スターリングエンジンの形式と特徴
<https://www.nmri.go.jp/eng/khirata/stirling/type/type.html>

課題実習「テーマ設定シート」

作成日： 4月 30日

科名：生産技術科

教科の科目		実習テーマ名	
総合制作実習		スターリングエンジンの設計・製作	
担当教員		担当学生	
生産技術科 山崎 隆治			
課題実習の技能・技術習得目標			
<p>スターリングエンジンの設計と製作を通して、金属材料の特徴と加工法との関係、金属材料の性質と構造との関係について理解させるとともに、製作意図、使用目的や使用条件に適合した製作品を構想図や製作図に表わし、それを製品として完成する総合的な能力を身に付けます。</p>			
実習テーマの設定背景・取組目標			
実習テーマの設定背景			
<p>スターリングエンジンには、機械設計に重要な多くの要素部品が使われています。それらが一つの機械に含まれているため、多くの機械設計技術を身に付け、その他の機械の設計にも利用することができます。また、外燃機関を知ることによって、「ものづくり」に対する興味を持ち、モチベーションの維持・向上にも繋がります。</p>			
実習テーマの特徴・概要			
<p>エンジンの動作は、密封されている作動ガス(空気)を外部より加熱・冷却し、その膨張・収縮による内部圧力の変化を利用してしています。その為、暖房などの廃熱、太陽熱等、あらゆる熱源を利用することができます。しかし、エンジン出力が小さく十分な出力を得るためには装置が大型化するという欠点があります。問題点を整理し、実用的に利用出来るものへ繋げていくことを目標とします。</p>			
No	取組目標		
①	必要な情報を収集・分析できます。		
②	製品に関する制約条件を考慮した製品設計ができます。		
③	実用的な製品の加工・組立ができます。		
④	独自性を持って創意工夫ができます。		
⑤	エンジンの性能を評価できます。		
⑥	問題点を抽出・評価し、解決策を見出すことができます。		
⑦	メンバーそれぞれが役割を分担し、連携して調整を図りながら取り組みます。		
⑧	図や表を効率的に利用した分かり易い報告書や発表会予稿原稿を作成し、発表会では制限時間内に伝えたい内容を説明します。		
⑨	5S（整理、整頓、清掃、清潔、躰）の実現に努め、安全衛生活動を行います。		
⑩			