

課題情報シート

テーマ名：	切削加工の現象把握と-スターリングエンジンの製作-		
担当指導員名：	亀山 寛司	実施年度：	28 年度
施設名：	中国職業能力開発大学校		
課程名：	専門課程	訓練科名：	生産技術科
課題の区分：	総合制作実習	学生数：	4
		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】

スターリングエンジンは、温度差によって動く外燃機関です。外部から加熱することでピストン内の空気が膨張し押し出されます。空気が冷却され収縮しピストンが戻され、この繰り返しによってエンジンが動作します。加熱部に使用する難削材加工の条件に関する知識を習得するために、大学校で開催されるセミナーに参加しインコネル®718、Ti-6Al-4V、SUS304の加工条件を調べました。そのセミナーで使用する素材形状を加工し、想像以上の加工の困難さを経験しました。

正確な図面の許容差が示されていないとベアリングのしっくりとしたはめ合わせができないこと、組み立てにおいては、シリンダとフライホイールをつなぐコンロッドが垂直でなければスムーズな回転が得られませんでした。また、空気漏れの対策としての液体パッキンの使用をいたしました。加工では、材料に応じた工具材種の選択を知りました。

【参考文献】教材用スターリングエンジン技術講習会テキスト 1994 年、日本設計工学会

【学生数の内訳】図面担当、アセンブリモデリング担当、加工担当、組み立て担当、週報担当、発注担当、文章担当をそれぞれ、4 名にて輪番としました。

【訓練（指導）のポイント】

危険予知訓練作業シナリオ編を、総合制作実習初日に、生産技術科 2 年生全員で実施し、チームでイラストシートや現場・現物で職場や業務にひそむ危険を発見・把握・解決していく K Y T の基本手法を知ります。そして、安全衛生の問題解決能力を向上させ、技能・技術の実践への意欲を高めることをねらいとしました。

チタン合金や超耐熱合金など難削材は、航空・宇宙、医療、エネルギーなどの分野での用途が広がっていますが、素材が極めて高価なうえ、稀少で調達も困難であることから、企業独自で加工技術を習得するのに高い障壁となっています。中国能開大で、実践的なセミナーが開催されます。これに見学・参加し、多くの企業の技術力向上の姿を肌で体験しました。

図面どおり製作しても確実に動かすためには、組み立て調整に時間がかかることと、性能を確認する大切さを伝えることをポイントといたしました。

課 題 に 関 す る 問 い 合 わ せ 先

施 設 名 : 中国職業能力開発大学校
住 所 : 〒710-0251 岡山県倉敷市玉島長尾 1242-1
電話番号 : 086-526-0321 (代表)
施設 Web アドレス : <http://www3.jeed.or.jp/okayama/college>

課 題 制 作 ・ 開 発 の 「 予 稿 」 お よ び 「 テ ー マ 設 定 シ ー ト 」

次のページ以降に、本課題の「予稿」および「テーマ設定シート」を掲載しています。

切削加工の現象把握と・スターリングエンジンの製作・

中国職業能力開発大学校 生産技術科

1. スターリングエンジンとは

スターリングエンジンは、温度差によって動く外燃機関である。外部から加熱することでピストン内の空気が膨張し押し出される。空気が冷却され収縮しピストンが戻される。この繰り返しによってエンジンが動作する。

2つのピストンを使う α 型と1つのピストン1つのディスプレーサを使う β 型、 γ 型がある。今回は α 型で製作した。すべての型でピストンに 90° の位相差をつける必要がある。

2. 難削材とは

加工が難しい材料のことを示しているが大きな特徴は、

- ・削ることが難しい
- ・データが少なく被削性が分からない
- ・発火、引火しやすい

今回取り扱った材料の物性値を表1に示す。
インコネル®718、Ti-6Al-4V、SUS304の三種。

表1 物性値

	S45C	インコネル®718	Ti-6Al-4V	SUS304
比重	7.9	8.19	4.42	7.9
融点 ($^\circ\text{C}$)	1530	1260～1336	1540～1650	1400～1420
線膨張係数 ($\times 10^{-6}/^\circ\text{C}$)	12	13	8.8	17
熱伝導率 ($\text{W/m}^\circ\text{C}$)	62.8	11.4	7.5	16.3
ヤング率 (GPa)	192	211	113	200

3. コンセプト

現在、難削材は飛行機のエンジン部品など限られた分野でのみ利用され、取り扱うことができる企業も少ない。しかし、その優れた特性から注目されている。その難削材のセミナーに参加することで知識を習得し加工できるようになる。

その後、スターリングエンジンを製作することで、実際に難削材を加工する。また、加熱部の材料を変え、Ti-6Al-4VとSUS304二つのエンジンを製作し、動作の違いを観察する。

4. 完成までの流れ

- ・図面製作、3DCADでのモデリング
- ・材料の選定、発注
- ・加工方法、手順の決定、精密加工
- ・組み立て、調整
- ・性能検査

図面は過去に作られたものを現在のJIS規格に合わせて作り直した。図1に組立図を示す。

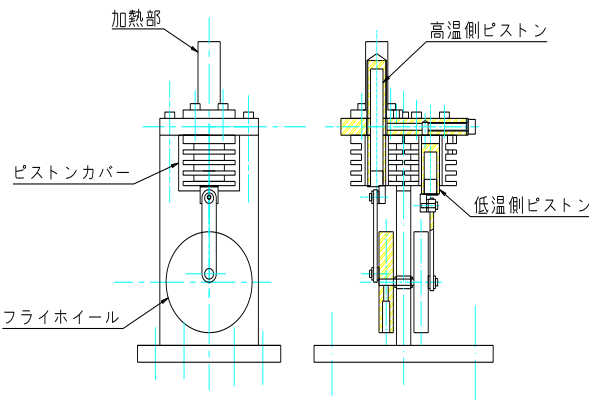


図1 組み立て図

5. 日程および費用

日程および製作費用を表2、表3に示す。

表2 日程表

	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
図面									
3Dモデリング									
見積もり									
加工									
組み立て・調整									
難削材加工条件									
資料作製									
準備・環境整備									
セミナー参加	7月9日		9月30日	10月19日	11月26日				3月4日

表3 製作費用

部品	金額(円)
シリンダー	3,020
ピストン	2,840
フライホイール	3,240
加熱機	880
スペーサ	66
ボルト	1,640
ベアリング	1,890
フレーム	4,440
合計	18,016

6. 考察および検討

部品が完成し、組み立ても終わり試運転をしたが回転しなかった。図面と実際に完成した部品との寸法のずれがなかったため、原因は組み立て方にあると考えられた。製作したスターリングエンジンを図2に示す。

・位相差

二つのピストンに 90° の位相差をつけないといけないが、 90° になっていなかった。二つのフライホイールに位相差をつけることで、連結されているピストンにも位相差がつく。

・垂直

シリンダーとフライホイールをつなぐコンロッドが垂直でなければいけないがなっていなかった。スペーサを使う、ボルトの締め付けを調整することで垂直を得られた。

また、以下の改良を行い図面に反映した。

・ピストンホルダーの穴拡大

加熱部穴を $\phi 11$ から $\phi 12$ に拡大することで、空気の容量を増やしピストンを押す力、引く力を強くした。

・ベアリング

回転するコンロッドにベアリングを使うことで摩擦抵抗を少なくし、エネルギー損失を減らした。

・冷却

加熱し続けることで、エンジン全体が熱くなり温度差がなくなっていた。空冷で全体を冷やしていたがそれでは間に合わないの、水または氷のケースで低温側ピストンを冷やすことにした。

次に、Ti-6Al-4V と SUS304 加熱部の影響について説明する。デジタルハンドタコメーターで回

転速度を測定した結果、最高回転速度は、

Ti-6Al-4V $2,966\text{min}^{-1}$ 、SUS304 $2,200\text{min}^{-1}$

である。チタン合金製加熱部のスターリングエンジンがステンレス合金製よりも早くなった。その理由として、熱伝導率が SUS よりも低いため加熱部の熱が逃げにくく、低温側との温度差を保つことができたためである。

バーナーで火を当てた後の表面にも違いが現れた。ステンレス合金製は茶色で曇っているのに対し、チタン合金製は黒く変色し火があたった部分と当たっていない部分の境界付近は変色せず光沢が残っていた。加熱部の境界部は、共通して青色に変色していた。



図2 スターリングエンジン

7. 今後の課題

今回、シリンダーをガラスで製作したが金属に変えて今回との性能差を測定する。

フライホイールをとめるボルトに左右両方ともに、右ねじを使ってしまったため、回転に合わせて徐々にゆるまってしまった。左回転側に左ねじを使用することで解決する。

高温側ピストンと低温側ピストンを離す、または、間に断熱材を入れることで熱が伝わり温度差がなくなることを防ぐ。

8. 終わりに

今回の総合製作で加工する機械の少ない難削材を扱い知識を得ることができた。グループで一つのものを作るために必要な話し合いを通しコミュニケーション力が高まった。

この経験を活かし、応用課程・企業でよりよい製品を作りたい。

課題実習「テーマ設定シート」

科名：生産技術科

教科の科目		実習テーマ名	
総合制作実習		切削加工の現象把握と -スターリングエンジンの製作-	
担当教員		担当学生	
生産技術科	亀山寛司		
課題実習の技能・技術習得目標			
切削加工の現象把握と-スターリングエンジンの製作-課題を通して、切削加工技術の実践力を身に付けるとともに、設計、製作及び組立・調整技術などの総合的な実践力を身に付けます。また、大学校で実施される難削材セミナーを見学・参加し、多くの企業の技術力向上の姿を見聞し、切削加工技術の革新に向けた挑戦の必要性和真摯な態度を身に付けます。			
実習テーマの設定背景・取組目標			
実習テーマの設定背景			
寸法精度、表面性状、工具摩耗、切削抵抗、切削温度などの現象を研究し、切削加工の心得を学びます。切削加工に携わる技能・技術者は難削材の材料特性と用途面の工業特性を吟味するとともに、一般材料との被削性の差異を把握する必要があります。岡山県の航空機関連産業技術力強化事業のセミナーに参加・見学し基礎的な切削現象を知ります。その後、「ものづくり」の面白さや発展性を理解するとともに、期限までに成果物を完成させることでスケジュール管理の重要性を認識します。			
実習テーマの特徴・概要			
切削加工において、これに携わってきた人々の技能者・技術者の努力は見逃せません。そこで、大学校で開催される難削材セミナーに参加・見学します。切削加工現象の把握、材質による加工を考えながら、つくる喜び、粘り強さ、完成の喜び社会人の姿を見る貴重な体験をします。難削材の特徴を認識し、スターリングエンジンの製作を通して、精密な部品製作をします。最終的に統合組立、調整・動作試験を行い、報告書を作成します。			
No	取組目標		
①	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。		
②	作業が遅延しないようにスケジュール管理をします。		
③	総合制作に係る費用を念頭に入れ、低コスト化を目指します。		
④	CAD を利用した設計及び図面作成をします。		
⑤	大学校開催のセミナー、講演などに参加します。		
⑥	切削加工技術の革新に向けた挑戦を見聞し、これまでの問題を分析し、その問題の解決に取り組みます。		
⑦	スターリングエンジンは、想定された稼働を行います。		
⑧	ガラスシリンダー、各部品を精密に加工し、組立調整を行います。		
⑨	総合制作を通してコミュニケーション能力及び協調性を身に付けます。		
⑩	発表会に向けてプレゼンテーション能力を身に付けます。		