

課題情報シート

課題名：	トロコイドポンプ®の設計・製作		
施設名：	関東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：	総合制作実習課題	課題の形態：	製作

課題の制作・開発目的

(1) 課題実習の前提となる科目または知識、技能・技術

安全衛生、機械加工、測定、材料、力学、設計・製図、油圧・空圧制御

(2) 課題に取り組む推奨段階

機械設計製図、機械加工実習及び数値制御加工実習終了後

(3) 課題によって養成する知識、技能・技術

課題を通し、主に機械要素設計、機械加工及び輪郭形状の NC 加工技術の実践力を身に付ける。

(4) 課題実習の時間と人数

人数：3名

時間：216時間

トロコイドポンプ®は油圧やエンジンオイル、高圧クーラントの供給用に広く用いられる内接歯車ポンプで、摩耗が少なく、小型の割に大容量、低騒音等の特徴を有します。

歯車ポンプの設計は機械系の標準的な演習課題ですが、本製作では特別な曲線の歯形を創成し、実際に製作まで行うことにより、基礎的事項の復習と、総合的なものづくりの能力を養うことを目的としました。

課題の成果概要

今回設計・製作したポンプ（図 1）のトロコイド歯車はインナーロータが 4 枚歯、アウトロータが 5 枚歯で（図 2）、厚みは 15mm とし、各部品は主に、旋盤とマシニングセンタで加工しました。初めての製作なので、強度や寿命よりも、吸込み・吐出しのポンプの作用ができることを第一目標として設計・製作し、電動機に接続して試運転した結果、かなりの量の油を吐出すことが確認できました（図 3）。しかし油圧ポンプとして重要な圧力が思ったように上がらず、この種のポンプでは特殊な歯車の寸法精度が、いかに重要であるか実感することができました。時間が許せば再度、製作に挑戦したいと思います。



図1 ポンプの外観



図2 内部の歯車

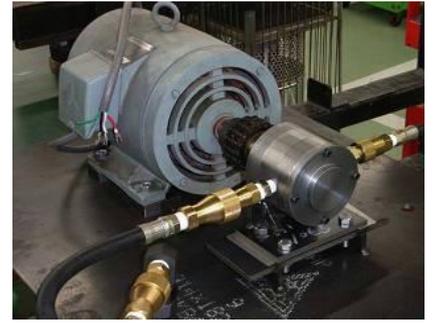


図3 電動機との接続

課題制作・開発の訓練ポイントおよび所見

<トロコイド歯車の加工、精度およびポンプ圧力について>

歯車式油圧ポンプの仕組みは、本体ケース内できみ合いながら回転する歯車周囲の密閉された空間容積が拡大する際に一方の口から油を吸込み、逆に容積が縮小する際に他方の口から吐出しを行うものです。特に内接トロコイド歯車を用いたポンプでは、特殊な形状を持つ歯車同士が常に接触を保ちながら回転する特徴があります。この歯車を加工するため、参考文献（当校附属千葉職業能力開発短期大学の紀要第4号）の計算式をもとにパソコンの表計算ソフトで点群の座標を計算し、マクロ命令によってDXF形式で出力、次に3次元CADで読み込み立体モデルとして設計作業に役立て、この3DモデルからCAM機能にて曲線加工の数値制御プログラムを作成しました（図4）。複雑な計算式の理解とマクロ命令の独自制作は、対象の機械系学生には困難ですが、教員から基礎資料を提供した後、それらを活用して学生自ら条件設定を変更したり、各種アプリケーションソフトと連携させたりして、目的の加工データを得る訓練が行え、総合的課題として有用でした。

ただし、実際の金属加工においては刃具の選択やカッターパスの確認等、専門知識を有する指導員の指示を要します。

製作したポンプは試運転時に吸込み・吐出しのポンプ作用を発揮できましたが、圧力が上がりませんでした。高い気密性を要するエンジンのピストン等と比べ、油圧ポンプは油の粘性のため、摺動部のクリアランスは多少大き目でも、内部漏れによる大きな機能低下はないと推測していました。これは以前、通常の歯車ポンプ製作を行った際の経験に基づくもので、学生の製作課題として取り組みやすいと考えていましたが、今回の曲面同士の接触によるポンプには当てはまりませんでした。曲線データの点群の数は細かく直線で結ぶほど精度が良くなります。取扱の便利のためにデータの間隔を粗くして学生にデータを提供し、そのまま加工に使用するために曲面が多角形状になってしまい（図5）、滑らかな接触と回転が得られるまで、手仕上げで修正した結果クリアランスが過大となり圧力が上昇しなくなったと言えます。当たり前ですが試作と最終加工でデータの密度を加減して自在に変更できる素養が学生に求められます。

歯車ポンプの基本構成を理解し、主要部品をできるだけ加工しやすいシンプルな形状とし、軸受やシール部品には必要な標準部品を選定し、製作図をまとめる能力の養成も大切なポイントです（図6、7）。

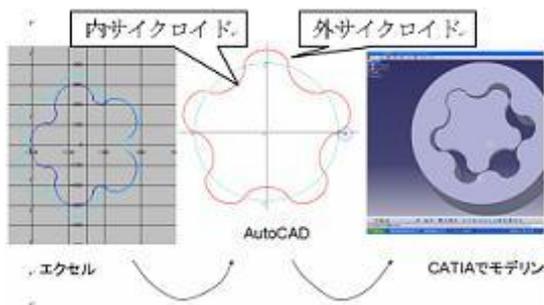


図4 点群座標の計算と3Dモデル化の流れ

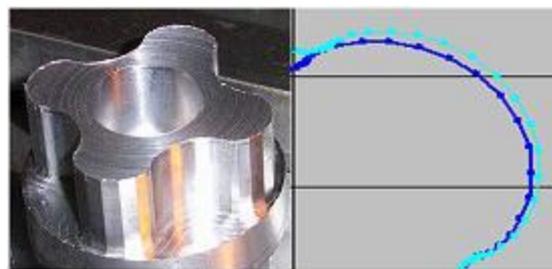


図5 点群の粗さと曲面のポリゴン化

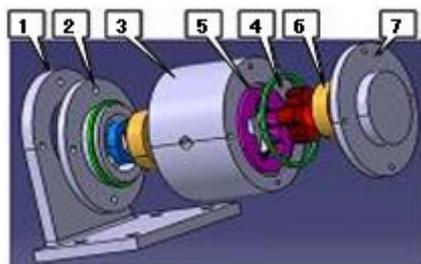


図6 3Dモデルと部品相関図



図7 製作した主要部品と市販の標準部品

養成する能力 (知識、技能・技術)	課題制作・開発のポイント	訓練（指導）ポイント
<p>○ やや複雑な数式で表現される特殊形状の部品について形状データを算出しCAD及び加工データとして活用できます。</p>	<p>◆ 機械部品にはカムや歯車など、機構学的に数式で表される二次元の曲線形状が必要とされるものがあります。通常、CADで描けるのは直線、円弧、楕円のみで、数学的な曲線は描けません。スプライン曲線なら色々な形が描けますが、これは不規則な曲線なので除外します。数学的な関数で表される曲線は、曲線上の点群データ（XY座標）を算出し、これらを直線でつなぐとき、点の間隔を細かくするほどよい近似の形状が得られます。</p> <p>◆ 表計算のデータを2次元CADに取り込むには、表</p>	<p>● 目的の曲線を表す数式の意味について学生に考えてもらいます。数学の得意な学生もいれば、逆に苦手な学生もいますので、学生の特質に合わせた指導が必要です。点群の座標データの算出には一般的な表計算ソフトを使用し、計算シートを検討させます。</p> <p>● 点群の間隔をどれくらいにすると丁度良いか学生に検討させます。一般に摺動機械部品のすき間（クリアランス）は数十μm必要ですから、この程度の近似形状が得られれば十分です。粗すぎると今回のような問題が発生しますし、</p>

養成する能力 (知識、技能・技術)	課題制作・開発のポイント	訓練（指導）ポイント
<p>○ 特殊形状の歯車部品を含め、ポンプ全体の構成を検討し、部品図及び組立図を作成します。</p> <p>○ 製作図に基づき、部品加工及び組立、評価を行うことができます。</p>	<p>計算ソフトにて自作のマクロ命令を実行し、DXF形式のファイルを出力します。それをCADで読み込むと、数学的な曲線を直線で近似した図形がCAD上で得られます。DXFファイルの様式についてはインターネットで解説を検索できます。</p> <p>◆ 各部品はなるべく加工しやすいシンプルな形状になるように工夫します。ベアリング、シール等の標準部品に適合した寸法とします。駆動源の電動機との軸の接続に配慮します。はめあい部品の公差に注意します。</p> <p>◆ どの部品にはどの工作機械を適用するか、必要な工具、及び加工工程を十分に検討した後、加工を行います。特殊部品のNC加工には、NCに精通した指導員の指示が必要です。</p>	<p>細かすぎるとデータの取扱が面倒になります。</p> <p>● DXFファイルを出力するマクロ命令の作成は、機械系の学生だけでは困難と思いますので、一部作成済みのプログラムを提供する等、ヒントを与える必要があります。</p> <p>● 全体の大きさや、標準部品の形式等の要件を指示して作図させますが、経験の浅い学生は、左記のポイントを十分考えずに図面化してしまいます。何度も添削し、ポイントを理解させ、見やすく必要十分な情報が盛り込まれた図面とすることが必要です。</p> <p>● 安全に十分注意して作業します。試作品等、初めて作る品物では、予定通りに組立ができない場合も多いので、その際の手直し等の対処法を学生に考えさせることも、大切な訓練要素です。</p>

課題に関する問い合わせ先

施設名 : 関東職業能力開発大学校
住所 : 〒323-0813
 栃木県小山市横倉三竹 612-1
電話番号 : 0285-31-1722 (学務課)
施設 Web アドレス : <http://www.ehdo.go.jp/tochigi/college/index.html>