

卒業製作を通して(ものづくり教育訓練)

インジェクション金型の設計・製作

大分県立工科短期大学校 生産技術科 栗林 仁

1. はじめに

われわれの身の回りにある工業製品は、すべて金型で支えられているといっても過言ではない。特に、自動車関連職種では金型で製作される機械要素部品がほとんどである。九州内における自動車関連企業は図1にみられるように、かなり存在していることがうかがえる。したがって、金型技術は「ものづくり」の原点として、なくてはならない技術であり、現在の金型技術は高速・高精度・高能率化・微細化およびIT化に向け進展している。また、付加価値の高い製品が求められているのが現状である。そのためには特に金型加工の付加価値向上をどのように達成していくかが今後の大きな課題になっている。さらに、この職業能力開発系短大の高度職業訓練課程においても、金型技術の中でも特にCAD/CAMを中心とした加工に関する高速・高精度加工の知識・技術等の習得が急務とされ、金型産業界から大きく期待されているところである。しかしながら、この産業界は現在の若者にとっては、決して華やかな分野ではなく最先端産業とは思っていないようである。その理由に、金型製作現場は3K(きつい・汚い・危険)と呼ばれている分野の一つでもあることから、この業界の技術者および後継者不足、就職離れが問題となっていることはいうまでもない。したがって、「実践技術者」を養成目的とするこの職業能力開発系短大には、金型製作の技術者を人材育成し、産業界へ送り出す責務があると思われる。

そこで、「ものづくり」を知る・理解する題材としては、いろいろな要素が含まれている金型製作が適していると考えられる。当生産技術科のカリキュラムの中で、金型設計から製作のみに至る実習を特徴づけたものに構築していくことは時間的にかなり難しい。そのような現状を踏まえて、ここ数年間、卒業製作のテーマ設定に「インジェクション金型の設計・製作」を取り上げてきた。この2年間で取り組んできた事例をまとめてここに報告する。

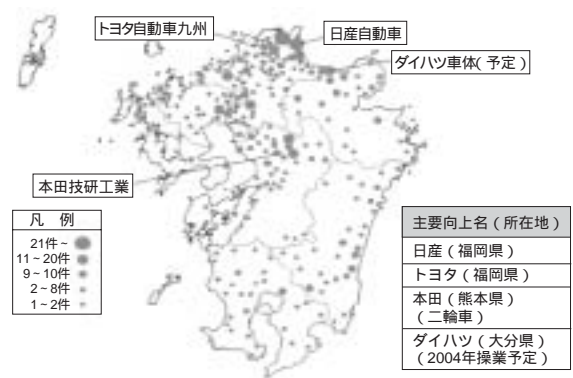


図1 九州内における自動車関連企業

2. 生産技術科のカリキュラム(仕上がり像)

図2の生産システムを総合的に理解し、幅広い知識・技術および技能を習得するためのカリキュラムを準備している。「もの」を生産するときの大きな流れは、企画・設計・製図・加工検討・加工/組立・測定・報告であると考えられる。



図2 カリキュラムの流れ

3. 概要

金型設計（図3）・製作は大きく分けて主に以下のような知識や技術が要求される。

(1) プラスチック成形金型の設計

射出成形法・金型の構造・金型材料¹⁾・成形大きさに合った強度計算・ランナーゲート関連の寸法選定・金型の冷却について等

(2) 2次元CADおよび3次元CAD技術

各部品図・組立図・サーフェスマデリング等

(3) 2.5次元および3次元CAM技術

ポケット（入れ子）および各プレートの加工・高速加工の理論・キャビティおよびコアの加工・ランナーゲートおよびスプルーの加工・データ転送の知識等

(4) 金型総合組立

(5) プラスチック成形技術

樹脂の特性・射出成形機の概要・成形の予備知識・射出成形条件・不良対策等

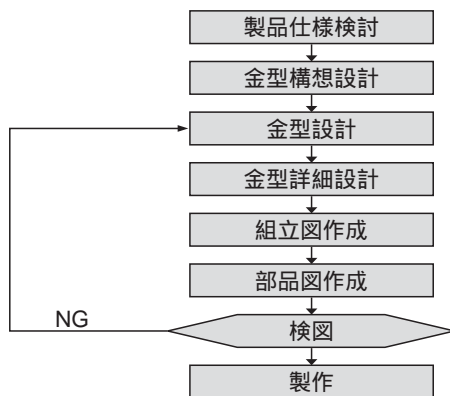
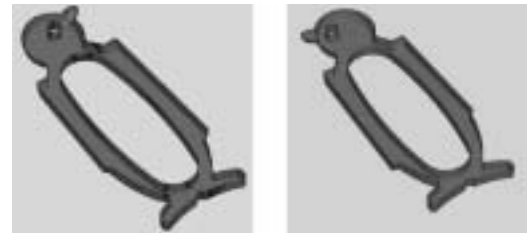


図3 金型設計の流れ



TOOLSによる入れ子3次元形状



可動側入れ子形状 固定側入れ子形状

図4 モデル例1（2プレート金型）

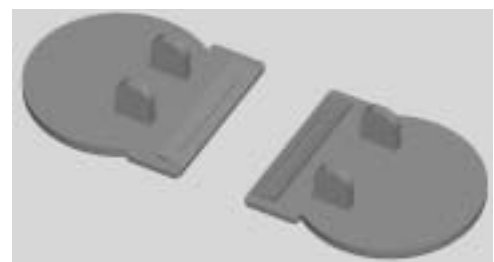
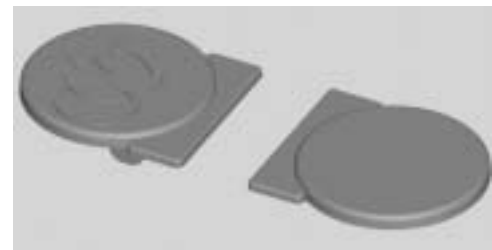
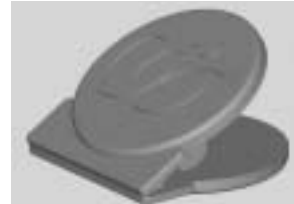
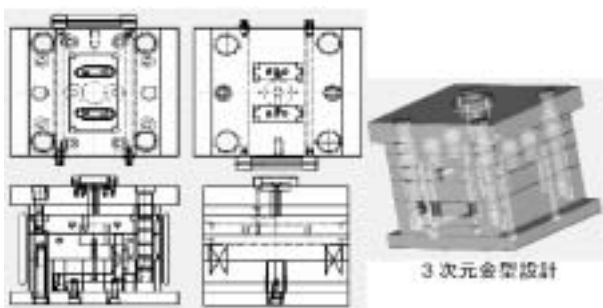


図5 モデル例2（スライド式2プレート金型）



図6 モデル例3（3プレート金型）



組立図
図7 組立図例1 (3プレート金型)

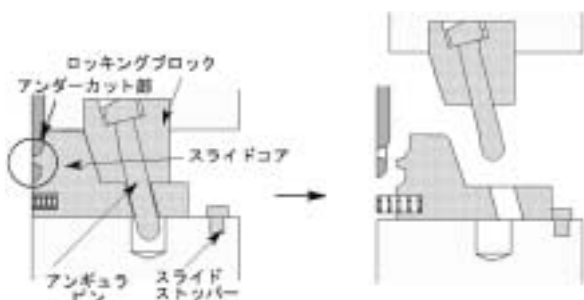


図8 スライド機構図

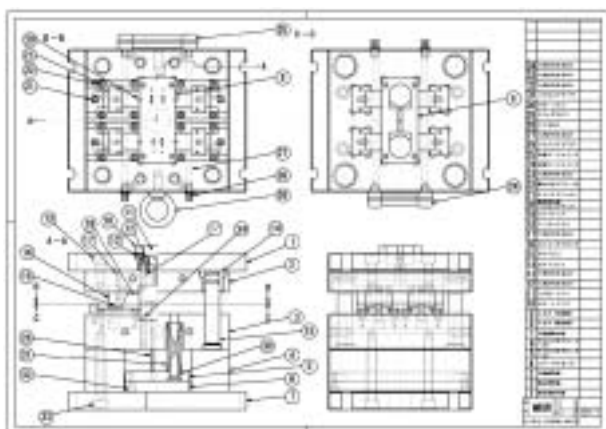


図9 組立図例2 (スライド式2プレート金型)

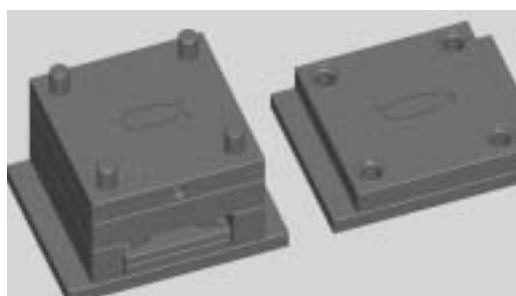


図10 3次元金型設計

4. 設計

金型の大きさは、製品形状および射出成形機の能力で決定される。したがって、能力に従った2プレ

ートおよび3プレート用金型の製品形状を取り上げ、その設計に取り組むことにした。今回の製作は、樹脂の収縮率を考慮した形状設計を行っていない。また、2プレートおよび3プレート金型共にポケット入れ子方式で行った。さらに、2プレート金型はサイドゲート方式、3プレート金型はピンポイントゲート方式で行った。まず、大きさの概算を行い、カタログ(双葉電子工業株)より標準モールドベースを選定した。さらに、型板の強度・エジェクターピンおよびスプリングの強度・取付板締め付けボルトの強度・吊りボルトの強度計算等の確認を行った。図10に金型設計された3Dモデル、図7・9にその組立図を示す。製品形状については、(株)グラフィックプロダクト製のTOOLS(3次元CAD/CAMソフト)を利用し、図4・5・6に示すようなそれぞれのサーフェスモデリングの作成を行った。また、アンダーカットを伴う形状については、図8に示すようなスライド機構を用いて設計した。このように従来からの2次元CADから3次元化するモデリング技術が要求されていることは当然であるが、最近では3次元モデルを中心とした修正・編集さらにデータ変換等の関連技術も重要視されている。3次元から2次元へ自由自在に自動変換してくれる効果的な道具であることはいうまでもない。しかしながら、設計変更等に伴う柔軟な応用力を持ち備えるには、図面の読み・書きができる基礎製図が基本であると考え

5. 製作・組立・調整

以下の仕様で金型製作を行い、金型製作の流れについては図11、さらに、入れ子(製品形状部)の加工例を図12, 13, 図14に組立後のPL(パーティングライン)面を分割した様子を示す。

5.1 CAM

加工法は荒・中仕上げは等高線加工さらに、仕上げにおいては今回は面沿い加工となるように、TOOLS(CAMソフト)にて演算し、NCプログラムを作成した。送り速度は、fpコンセプトに基づいた値を用いている。

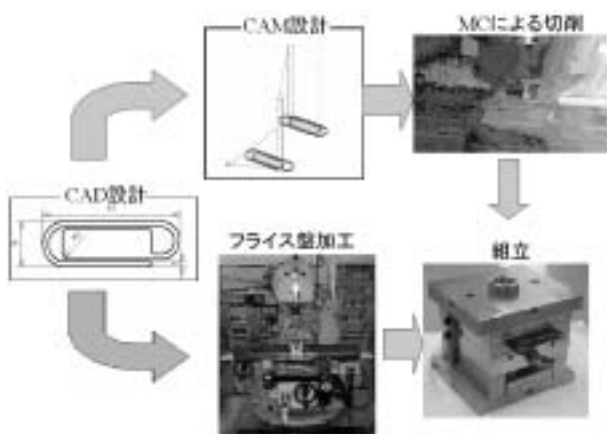
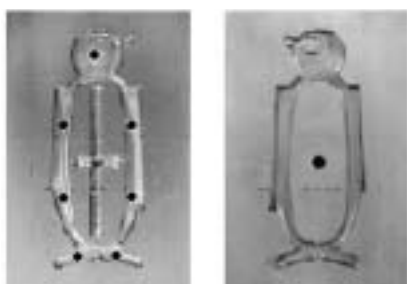


図11 金型製作の主な流れ



可動側入れ子

固定側入れ子

図12 入れ子加工例（2プレート金型用）



図13 入れ子加工例（スライド式2プレート金型）



図14 PL（パーティングライン）面の様子

5.2 MC加工

森精機（SV-400）・主軸回転数12000min⁻¹・切削送り速度16m/minを使用し、MC加工を行った。FF

加工により高品位な面を得ることを目的とし、以下のシステムおよび条件で行った。

機械技術：機械剛性（超高剛性ベッド）・主軸（高剛性・高速・高精度）・送り速度（高速輪郭制御）・データの送信（データサーバ方式）・ドライ加工（エアブローのみ）・刃先先端の振れ精度（回転停止時4 μm以内）

周辺技術：工具（三菱製2枚刃ミラクルボールエンドミル）・工具の突き出し長さ（可能な限り短く）・高速回転用ホルダ使用・プログラム（パス精度0.001mm）

型部（入れ子）の材質はプラスチック金型材料でよく利用されているNAK55（HRC40程度）を用いた。各プレートの製作はさまざまな工作機械を駆使しながら行った。仕上げ加工後の研磨は施していない。

CAM技術もCADと同様、適切な加工条件をはじめ、汎用機械加工実習の基本を習熟しておくことが大切といえる。MC加工するための前加工には、汎用機械加工抜きの金型製作はできないと考える。また、CAMソフトの中で、あらゆるものが自動的に組み込まれ、その結果、簡単にNCテープができ上がってしまう。しかし、CAMと加工機との関連付けの段取りを正確に理解しておく条件で、核となるCAMのさまざまな設定を実施する必要がある。したがって、CAMから段取りそしてMC加工全般の実技に関して、詳しく指導することにした。

6. 射出成形

図15に射出成形機の外観、図16に型圧調整および



図15 射出成形機の外観



図16 型圧調整およびドライラン

ABSの射出条件

樹脂の種類	ABS
樹脂温度	240°C
樹脂乾燥温度	80°C
金型温度	60°C
背圧	8MPa
樹脂流速	150mm/s

図17 ABS樹脂による成形品



図18 スライド機構によって成形されたクリップ

ドライランの様子，図17，18，19，20に完成した成形品をそれぞれ示す。

射出成形機的主要仕様：FANUC（ROBOSHOT - 15iA）・AI電動射出式・最大型締力（150kN）・最大射出体積14cm³。

射出成形は樹脂（ABS）に応じた標準射出条件により成形した。実際にはひけ・ウェルドライン等の不良が生じたが，卒研生には一般的な対処方法のみの指導で終わり，安定成形の条件を見出す具体的

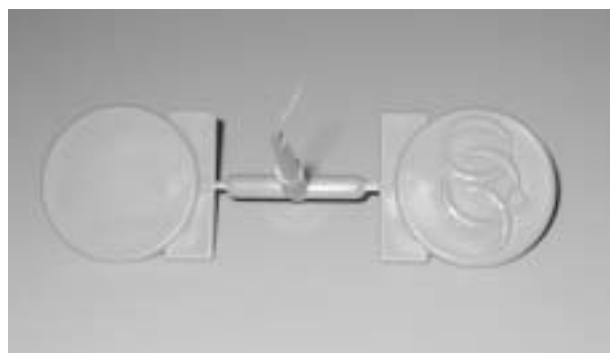


図19 スライド機構によって成形された成形品（表側）

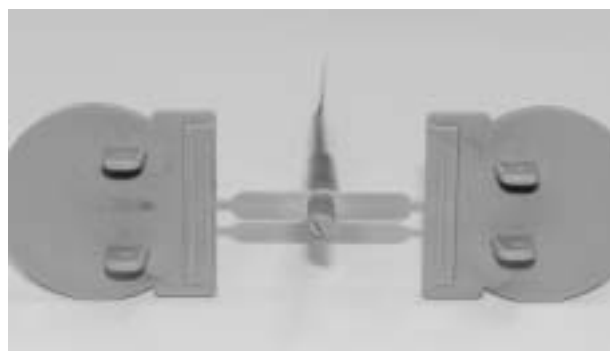


図20 スライド機構によって成形された成形品（裏側）

な対策までには至らなかった。特に成形に関しては，理論通りにはいかないところから，熟練を伴う経験が必要であるといわれている。また，テーマの中では，成形作業は最終章にあたることから，自分自身が作り上げた形状が実際にプラスチック製品として金型から抜け落ちていく状態を見て，卒研生は緊張感から「喜びと感動」を覚えたと言っている。

7. 評価および考察

さまざまな意見：

（卒業生の声：図21）：現在，自動車関連部品の射出成形品を製造する会社に勤務している。大学時の卒研テーマで実施した「インジェクション金型の設計・製作」が非常に役に立っている。特に，設計から射出成形までを自分自身で行ったことが自信となり，今では金型の専門職になるための基本となっている。

（金型製作会社の声）：この業界は機械分野の中でも華やかな職種ではないことから，良い人材がなかなか集まらない実状がある。本当に「ものづくり」の



図21 卒研究生が射出成形に取り組んでいる様子

好きな学生にとっては、金型関係の職種が最適だと思われる。この職種においては、ほとんどが中小企業であることから、幅広い知識・技術および技能が求められることになる。しかしながら、設計からものを作るまでのさまざまな分野を担当でき、やりがいのある職種ではないかと常々考えている。最近では、金型設計から製作までをやるのではなく、3次元モデルの作成・修正・編集等もできる若い人材を求めているところである。したがって、大学等で金型分野の講義・実習を導入し、優秀な人材を金型業界へ送り出してもらいたい。極端な例をいえば、金型の専門大学や専門学校ができてよいのではないかと考えている今日この頃である。

今回の2プレートおよび3プレートインジェクション金型の設計・製作を通して、主に以下の点について考察した。

射出成形機の型締力が小さいため、製品部の大きさがかなり制限される。また、射出量も少ないため、製品部の肉厚にもかなり配慮し、形状設計をする必要がある。そのような限られた条件の中で、目標とする製品形状を自分自ら創造し、それを実物にするプロセスを体験することがものづくりの基本であると考えられる。

付加価値の高い成形品が求められているなかで、特に金型加工（製品形状）に委ねられている部分が多い。したがって、CAD/CAMを道具として、自由自在に扱う技術と金型加工後の表面粗さ精度・形状精度・寸法精度等の高精度化にも対応できる人材が益々求められてくることを認識した。さらに、「つくる」だけでなく、付加価値の高いものをつくるための関連技術を習得することも重要な教育訓練であると同時に、今後の大きな課題である。

基礎的な製図・汎用機械加工実習等の習得を条件として、金型製作の核となるCAD/CAMシステムを効果的に利用する必要があることを再認識させられた。

設計から製作に至るまでの各専門的な追求はもちろん重要ではあるが、一連の流れを把握することがまず一歩といえる。

金型製作を通しての「ものづくり」教育訓練効果は大きいと考える。

最後に、6名の卒研究生の中で3名が地元大分県内の金型関連分野に就職していった。このようなテーマを実施したことで、社会へ出て大きく活躍してくれるものと確信する。

8. おわりに

実践的テーマに基づいて、2プレートおよび3プレートインジェクション金型の設計・製作を実施した。このような金型技術の導入こそが、今後の学生の就職域の幅をさらに広げ、金型産業界から大きく期待されるものと思われる。

<参考文献>

- 1) 浜小路, 工作機械シリーズ, 金型技術 (1988,11)