

ものづくり教育訓練課題の試行

北陸職業能力開発大学校 若林 悟

Trial of MONODUKURI Education

Satoru WAKABAYASHI

要約 ものづくりの重要性がいわれている今日、目標となる品物を創造し、それを実際に作る過程を体験する事が可能な教育訓練が必要である。そのため設計・加工技術の中核とし、CAD/CAMシステムを活用して、構想・設計・加工・組立てまでの一連の流れを完結させて実施できる課題を検討した。そこで専門課程の総合制作実習において学生が選定したプラスチック成形品を製作することを目的として射出成形金型の設計・製作に取り組んだ。その結果金型構造の理解、三次元CAD/CAMシステムが持つ多種類の機能の理解、汎用工作機械の操作技術、組立ての方法、射出成形作業など、多種の技術・技能を習得させることができた。また今回は作業の分担をせず、全員が全てを担当したので作業の目的や、ものづくりに対する取り組み方、完成の満足感が体験できた。

I はじめに

当校専門課程生産技術科では、基本的加工技術を身につけ、高度化する生産システム、生産様式の変革に対応できる実践技術者の養成を教育訓練目標とし、科目構成を図1に示す5本の柱として展開している。図に示す各教科目は単独で行うものではなく、左右上下に位置する他の教科目と連携し、同一内容をあえて重複して教える部分と回避する部分を明確にして進めることが重要と考える。これを単独の教科である総合制作実習のなかで、ものづくりの構想から評価までを実施した。

近年機械工業における生産の分野は数値制御による生産システムから、CAD/CAMを中心とした生産システムへと移行してきた。CAD/CAMは設計情報を加工情報に直接変換することで生産効率を向上できるメリットを持つ。機械の従事者はCAD/CAMシステムを自在に扱う能力と、加工の高付加価値化・高精度化に対応した技術・技能が要求されている。

私たちの身の周りには、様々なプラスチック製品が

数多く見られる。これらの製品は、金型によって大量生産されている。金型を作るには種々の設計・加工技術・技能が必要であり、ものづくり教育訓練には、適した課題と考える。本報告は総合制作実習で実施した射出成形金型の設計・製作について紹介する。

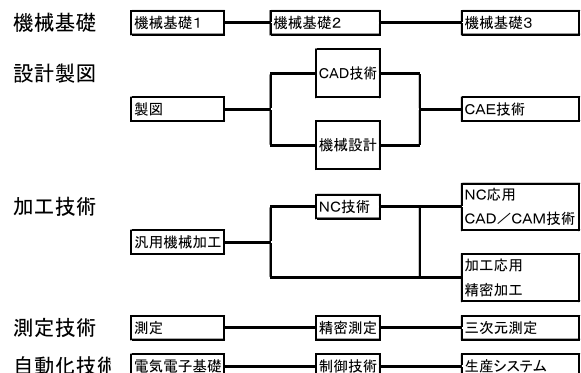


図1 生産技術科の科目構成

II 射出成形

1 射出成形法⁽¹⁾

プラスチック成形法の原理は『溶かす』『流す』『固める』が基本動作である。多種多様な成形法の中で射出成形法は金型の凹部（キャビティ）、凸部（コア）の空洞部に樹脂を入れるプラスチック成形法の代表的なもので生産性の高い成形法であり概略を図2に示す。

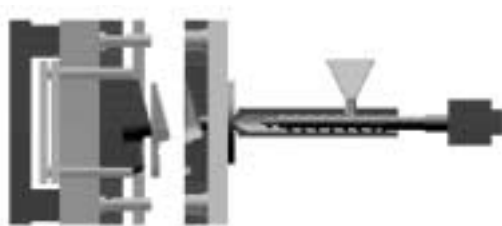


図2 射出成形

2 射出成形金型

金型は製品設計で創成された形状データを素材の表面に転写技法を用いて形状加工を行うために用いられる工具である。金型を利用することで複雑形状製品を高精度・高品質・高能率に生産することが可能である。

III ものづくり課題の流れ

本実習で実施した射出成形金型の構想から成形までの流れを図3に示す。この流れを設計作業、加工作業、組立て・調整作業、射出成形作業に分けて実施内容の要点を述べる。

1 設計作業の要点

成形品とモールドベースの設計・製作に活用した三次元CAD/CAMシステムの仕様を表1に示す。三次元CADでは基本実習と平行しての授業となり、授業内容が重複する部分と新たな部分とを明確に説明しながら進めることが重要と考える。

1.1 三次元CAD

このシステムが持つ機能でモデリングを中心として次の各機能を理解することから始めた。

- (1) 三次元CADによるモデリング機能
- (2) 設計変更を瞬時に対応するスケッチ機能
- (3) 複数のファイルを利用して組立て図・分解図を作成するアセンブリ機能
- (4) 三次元を二次元図面に変換する製図機能

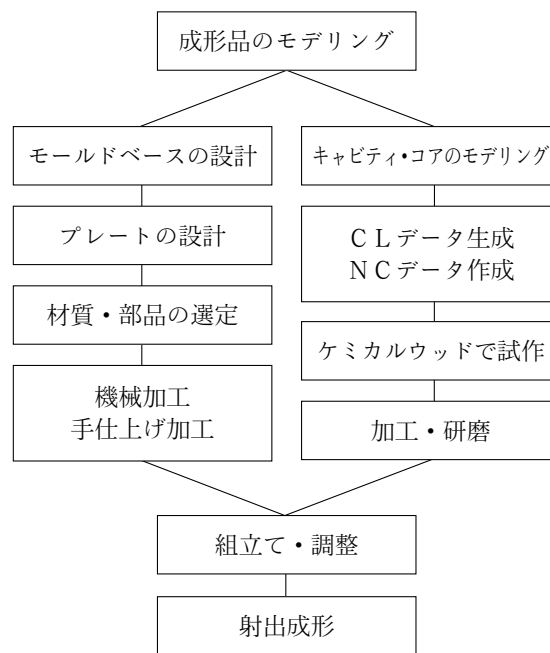


図3 総合制作実習の流れ

表1 三次元CAD/CAMシステムの仕様

ハードウェア	本体	HP9000/C200 SPECint95:14.3 SPECfp95:21.4
	メモリ ハードディスク	128MB 内臓SCSI4GB 外付SCSI9GB
ソフトウェア	モニター グラフィクス	21インチ OpenGL
	OS CAD CAM NCデータチェック用 データ転送	HP-UX 10.20 Unigraphics Ver13.0 Unigraphics Ver13.0 Vericut Ver3.4 ftp

1.2 射出成形金型の構造

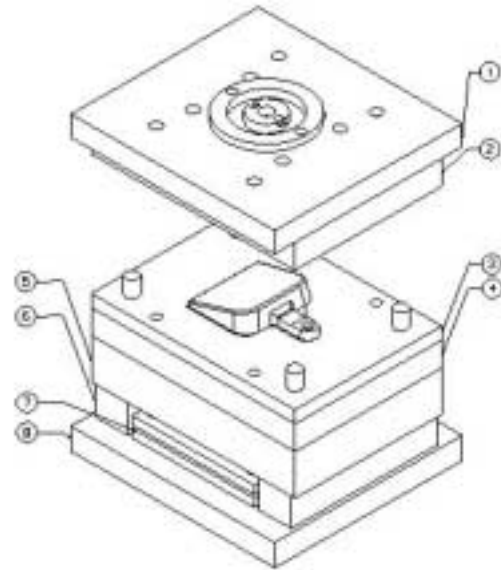
金型の種類としては、ツープレート金型、スリープレート金型、ランナレス金型など多種類がある。基本構造は イ. 成形機に取り付けるための部分 ロ. スプル、ランナなどの樹脂材料の通路部分 ハ. キャビティ、コアなどの成形品を成形する部分 ニ. 成形品を冷却する温度調節部分 ホ. 成形品の突き出し装置の5つから構成されている。

1.3 金型部品の設計条件

モールドベースの設計条件は次のとおりである。

- (1) 製品形状は塵取り・灰皿とする

- (2) 射出成形金型は、最も一般的で多く使用されているツープレート金型とする
- (3) 2種類の成形品は同じモールドベースを使用して成形するため、入れ子方式とする
- (4) 規格品のモールドベースは購入せず、プレートを加工して組立てる
- (5) スプルゲートとする
- (6) ストリッププレート突出し方式とする
- (7) 外形寸法、穴形状、穴寸法、形状の位置などは、いかなる設計変更にも瞬時に対応できるようにパラメトリック設計（スケッチ機能）を用いた作図方法とする
- (8) コンピュータ上で分解、組立て、部品の干渉が容易に理解できるようアセンブリ機能を用いた作図方法とする



①	固定側取付け板
②	固定側型板
③	ストリッパープレート
④	可動側型板
⑤	受け板
⑥	スペーサブロック
⑦	エジェクタプレート
⑧	可動側取付け板

成形品のモデリングでは、加工パスの生成・試作をしてからはじめて失敗に気づく場合があった。モデリング作成時にはCAM機能で加工データを作成する技術と、数値制御についての知識を持っている必要がある。目標成形品のモデルを図4、モデルを元に作成したキャビティ・コアを図5、モールドベース組立て図を図6、購入した部品を表2、固定側型板のモデルと二次元図面を図7に示す。

図6 モールドベース



図4 製品モデル

表2 金型部品一覧表 (2)

プレート	
取付け板	SSA-230-250-25
型板	SSA-180-250-30
ストリッパープレート	SSA-180-250-15
受け板	SSA-180-250-50
スペーサブロック	SSA-180-40-35
エジェクタプレート	SSA-180-150-10
金型部品	
キャビティ	ALPB-140-110-31
コア	ALPB-140-110-68
ロケートリング	LRBS 100-10
スプループシュ	SBBF20-35-SR11-P3.5-A4
ガイドピン	GPHL16-75-N28
ガイドピンブシュ	GPHE16-30
リターンピン	RP4TL13-105.0-MC6
サポートピラ	SPL20-LC35
スペーサリング	SPW13-6.5

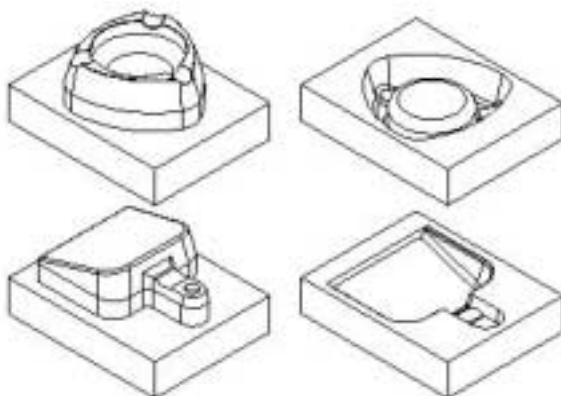


図5 キャビティ・コア

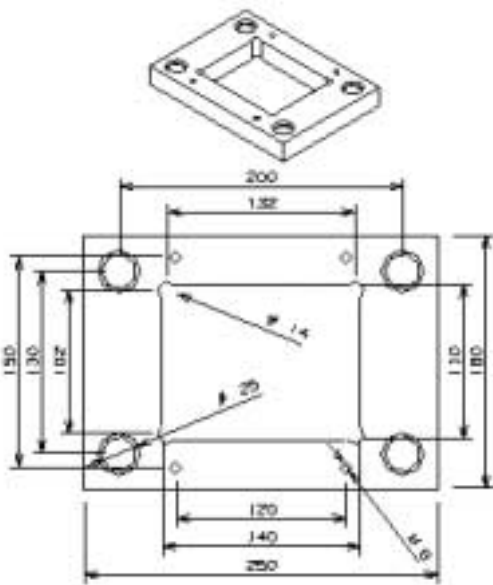


図7 固定側型板の図面

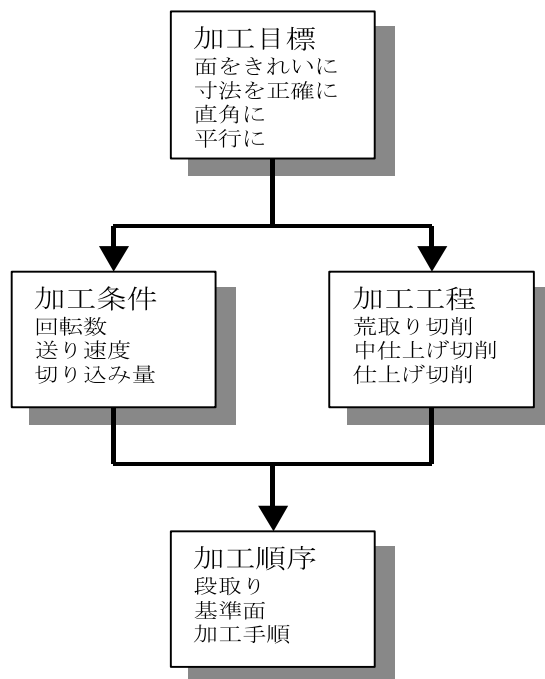


図9 加工の流れ

2 加工作業の要点

2.1 モールドベースの加工

手仕上げ、フライス盤、平面研削盤、卓上・直立ボール盤等汎用工作機械による加工、NC機でMDIによる加工、NCデータを作成しての加工等々加工形状によって適宜選択して進めた。フライス盤による加工の様子を図8に示す。

汎用工作機械による加工は、高度化する生産システムのなかで軽んじられる傾向も見られる。以前のカリキュラムと比較して単位数の減少はやむをえぬことではあるが、その重要性は度々説明して進めた。加工では刃物の取り扱い、加工物の取り付け方法、測定具の取り扱いを習得するとともに、図9の流れを重要視して進めた。



図8 フライス盤加工

2.2 キャビティ・コアの加工

製品ができる金型の心臓部であるキャビティ・コアの加工は、三次元加工で実施した。CAMソフトでは数種類の加工モジュールが用意されており、加工工程に従いその都度適切な加工モジュールを選択して進めた。加工の順序は次のとおりである。

- (1) モデルの作成
- (2) 加工モジュールの選択
- (3) 加工座標系の設定
- (4) 加工条件の設定
- (5) 工具軌跡の生成
- (6) NCデータの作成
- (7) NCデータの転送
- (8) NC機で試作、製作

工具軌跡データとNCデータチェックのための切削シミュレーションを図10に示す。製作で使用したNC工作機械の仕様を表3に示す。

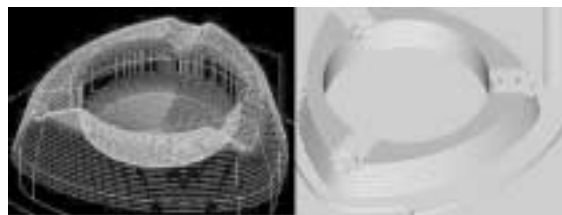


図10 工具軌跡データ・切削シミュレーション

表3 マシニングセンタの仕様

Self-center V9 [株スギノマシン]	
加工範囲	200×200×250mm
最大早送り速度	30000mm/min
最大切削送り速度	10000mm/min
最大主軸回転数	17000rpm
工具数	9本
制御装置	ヤスナック i80M
データ受渡し方法	RS-232C
Mycenter-4xi [キタムラ機械(株)]	
加工範囲	920×510×510mm
最大早送り速度	50000mm/min
最大切削送り速度	36000mm/min
主軸回転数	20~10000rpm
工具数	30本
制御装置	FANUC 16i-M
データ受渡し方法	LAN

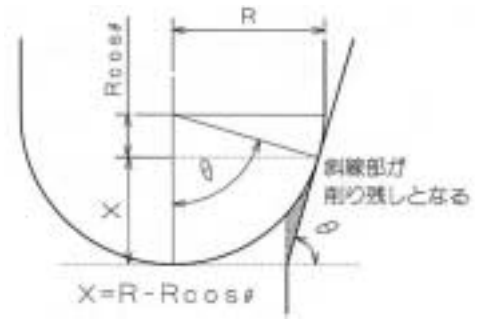


図12 削り残し

2.4 コアの加工条件と表面粗さ

失敗の度に諸条件を修正しながらワックスとケミカルウッドで試作を繰り返した。完成したコアの表面粗さを測定した。切削条件を表4に、測定の様子を図13に、測定データを図14に示す。

表4 切削条件

被削材質	アルミ合金 (A7075P)
工具材質	超硬
工具形状	φ6R3ボールエンドミル
回転数	7000rpm
送り速度	1000mm/min
切り込み量	0.3mm
スカルップ高	1μm

2.3 三次元加工での注意点と失敗例

- (1) 加工する曲面が、水平面に対する勾配角度の大きさにより、曲面投影加工か輪郭加工の選択または併用や、ステップオーバー値と切削レベル値の設定が、加工後の面粗さに大きく影響するので、加工条件を変更して数度の試作を行った。
- (2) 曲面投影加工において、試作後にモデリングにはない窪みが生じた。窪みを図11に示す。原因は投影する曲面を選択する時の方向により、一部の面が欠損することであった。欠損した面が工具径よりも大きければ工具は底面まで食い込み、切削シミュレーションで発見できたはずである。しかし小さい面であったため試作後に窪みとして見つかった。シミュレーションを過信せず、試作をする重要さが認識できた。

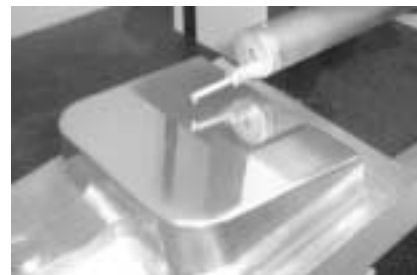


図13 表面粗さ測定

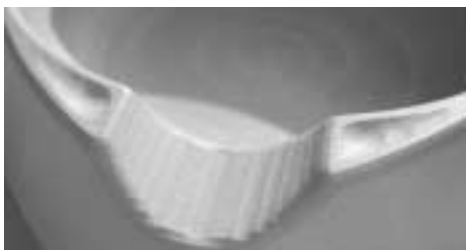


図11 試作品の窪み

- (3) 面形状が、勾配面と垂直面で交わる場合、輪郭加工の最終切削レベル値を交点にしがちである。試作後製品を見て僅かな削り残り部分があることに気づいた。対策としては、最終切削レベル値を交点より図12で示すX値量を下げなければならない。Xの最大値はカット半径値である。

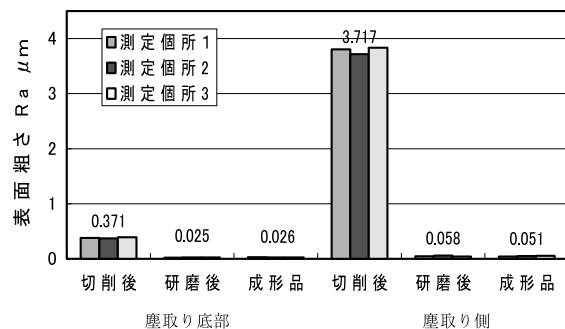


図14 塵取りコア部の表面粗さ

金型コア部の面粗さと、射出成形後の成形品との面粗さを比較した結果は図14のとおりで、金型表面がそのまま成形品の粗さとなり転写されていることが確認された。

3 組立て・調整

金型可動部の一部と、その部分の組立て順序を図15に示す。部品名は上からストリッププレート、コア、型板、ガイドピン、受け板である。部品を組立てる場合、クリアランスと順序を考慮しなければならない。

(1) 部品間の条件

- ① ストリッププレートとコアがはまっている。このクリアランスからは、成形時に樹脂が漏れないはめあいが必要であると同時に成形品の突き出しではスムーズに摺動しなければならない。
- ② コアと型板がはまっている。このクリアランスは多くても成形品に支障はない。
- ③ ストリッププレートは型板に入れたガイドピン(受け板で固定)に沿って上下に摺動する。コアとガイドピンの両部品に対し、ともにスムーズな動きが要求される。

(2) 金型を組立てる順序

- ① コアを型板に挿入する
- ② コアにストリッププレートをはめる
- ③ 型板とストリッププレートにガイドピンを挿入する
- ④ ストリッププレートの摺動を確認する
- ⑤ 受け板で型板、コア、ガイドピンを固定する

この組立てにおいて、各部品の誤差を吸収する場所としては、コアと型板とのクリアランスが適当である。③でピンが入りにくくても①でのクリアランスが多ければ、型板とストリッププレートの穴が合いガイドピンが挿入できる。順番の⑤を最初に行うと、ストリッププレートはコアとガイドピンが同時に入らず組立たなくなる場合がある。

4 射出成形作業の要点

成形は射出成形機、射出成形金型、成形材料で行われ、成形品に要求される寸法精度、外観、強度を満足させると同時に生産効率をいかに向上させるかが課題となる。この目的のために温度、圧力、速度、時間、位置等の成形条件を設定することが重要となる。金型を図16に、成形品を図17に、射出成形作業の様子を図18に示す。

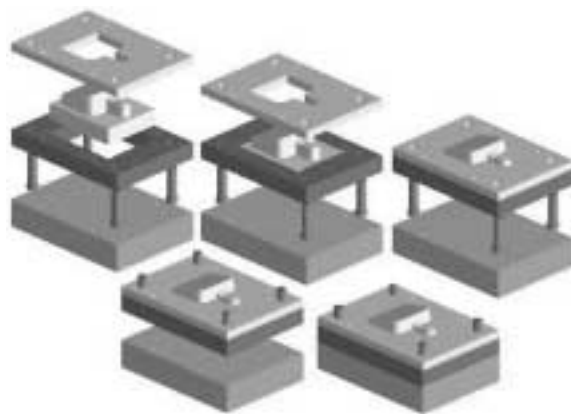


図15 組立て順序



図16 射出成形金型



図17 成形品



図18 射出成形作業

表5 成形条件⁽¹⁾

成形機	FE80S12ASE (日精樹脂工業株式会社)		
	灰皿		塵取り
材質	ポリエチレン	ABS樹脂	ポリカーボネート
温度	180℃	230℃	290℃
体積	39.1cm ³		23.6cm ³
	(本体+スプル)		(本体+スプル)
比重	0.92	1.03	1.30
重さ	36.7g	40.4g	30.1g
ゲージ圧	40kg/cm ²	40kg/cm ²	50kg/cm ²
射出時間	10s	10s	10s
冷却時間	10s	10s	10s
計量位置	55mm	55mm	40mm
成形サイクル	37秒/個	37秒/個	36秒/個

成形条件を表5に示す。成形材料は三種類の熱可塑性樹脂である。射出時間と冷却時間は同一とした。成形品の体積は、本体とスプルの合計体積でCADにより情報を得た。

表6 成形品の収縮率

材質	灰皿		塵取り
	ポリエチレン	ABS樹脂	ポリカーボネート
モデリング寸法(mm)	65.0	65.0	117
成形品の寸法(mm)	63.7	64.6	116
物性の収縮率[%]	1.5~5.0	0.50	0.50~0.70
実際の収縮率[%]	2.0	0.69	0.77

成形品の収縮率はプラスチック材料によって異なるため、成形品の寸法にそれぞれ違いがでてくる。モデルと成形品の寸法で収縮率を求めたものを表6に示す。収縮率の値は表に示すとおり、物性の収縮率と近似した値を得ることができた。

IV おわりに

本実習では金型製作が目的であり、成形品は評価の対象としてとらえた。報告に記述した失敗例や、その他の単純ミスから原因の解かり難いミスまで、その都度対策に苦勞して金型が完成した。実施した内容について気づいた点を述べる。

設計から製作までを、複数人で実施する場合、分担制をとれば時間短縮は計れる。しかし全員が流れの全てを体験する事が必要と考え分担せずに進めた。時間は要したが学生のための教育訓練効果は大きいと考える。

一年を通しての実習では、一日指示された作業をこ

なすだけで終わりがちになる。学生が今何をして次に何をするべきか、つまり現在進行形の目的を理解するとともに大きな流れのどの部分かを、常に認識させながら進める必要があると考える。

CAD/CAMシステムを中核機器として展開した。有用なシステムではあるが、使用するための基礎となるものは、製図実習・加工実習であり、基本実習の大切さを改めて認識させ得たと考える。

今後の金型製作課題としては、異なる種類の金型構造、成形品を冷却する温度調整部の製作、三次元測定機とリンクさせたCATの展開、樹脂流動解析を利用してCAEの展開が考えられる。

謝辞

最後に、射出成形作業はポリテクセンター富山で実施した。射出成形機の借用ほか御協力いただいたポリテクセンター富山ならびに成形作業を親切丁寧に御指導していただいた旭井先生、斉藤先生に、厚くお礼申し上げます。

[参考文献]

- (1) 日精樹脂インジェクション研究会著：知りたい射出成形
ジャパンマシニスト社、2001 p15-16 p161-172
- (2) 株式会社ミスミ：プラ型・ダイカスト型用標準部品、2001 p497-p638