

## 課題情報シート

課題名：	3次元CADシステムを利用したアルミ鋳物の製作		
施設名：	近畿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、測定、各種力学、機械設計、CAD/CAM 演習、機械加工実習、工業材料

#### (2) 課題に取り組む推奨段階

CAD/CAM 演習及び機械加工実習終了後

#### (3) 課題によって養成する知識、技能・技術

課題を通して、3次元CADシステムによる製品設計技術及び、材料となる金属の知識や鋳型製作技術など、一連のものづくりの為の技術を身に付けます。

#### (4) 課題実習の時間と人数

人数：3名

時間：252時間

当校生産技術科には、3次元CAD/CAMシステム及び各種加工機と高精度輪郭制御の可能なマシニングセンターが設置されています。これらのシステムを活用して、平成15年度よりテフロン材を鋳型として錫合金による鋳造に取り組んできました。

この際、原型となる製品形状は3次元CADで設計し、CAD/CAMで加工経路を計算した後、マシニングセンターでテフロンブロックを削り、鋳型とします。錫合金は融点が低いため扱いやすく、鋳造後の製品も光沢が有り、鋳造性にも優れています。また、鋳型の材料として用いたテフロン材は被削性に優れ、おおむね280℃までの耐熱性を備えています。また離型性も良いため、錫合金用の鋳型としての条件を備えています。

しかしながら、製品となる錫製鋳物は強度が乏しく、その利用範囲が装飾品等の造形物に限られています。

そこで今年度より、今まで取り組んできた錫合金による鋳造技術を継承しながら、工業製品として生産されているアルミ鋳物の製作について取り組むこととしました。

## 課題の成果概要

アルミ casting は初めての取り組みであったが、注湯の際の作業性を向上させるために、湯口及び湯道の改良、ガス抜き穴の位置及び口径の検討を試行錯誤で進めた結果、図1のような製品を製作することができました。また製品の凹部分（文字の部分）に石膏が付着し、石膏を除去するための仕上げ工程が必要となった事から、型開きの際の抜き勾配についても再検討を行っていきたいと考えます。

次年度以降は、今回の casting ノウハウを基に casting による機械要素部品の製作を考えています。



図1 完成したアルミ casting

## 課題制作・開発の訓練ポイントおよび所見

図2に今回取り組んだ casting の製造工程をフローチャートで示します。

原形となる casting 製品の検討は図3に示す様に3次元CAD(SolidWorks2007®)を用いて行いました。今回は初めての取り組みでもあることから、デザイン性を重視し、将棋の駒を採用しました。

次に1次型の形状検討を行います。(図4)これはシリコンを主材料とする2次型を作成するためのものです。CADの演算機能を使い原形となる製品の形状データを引き去る形でモデリングを行っています。また攪拌したシリコンゴムを流し込むため、容器状の形とし、シリコンゴムが固化した後取り出すと石膏造形用の型となる様工夫しています。

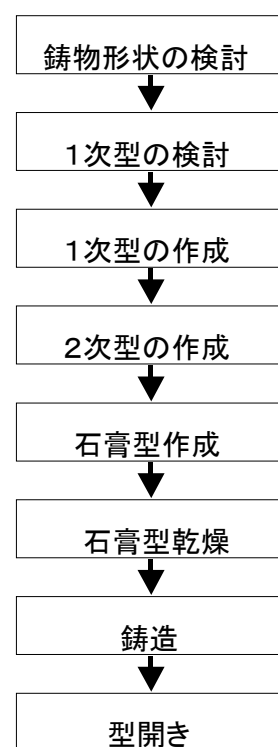


図2 鑄型および casting の製造工程



図3 3次元CADによる製品形状の検討例

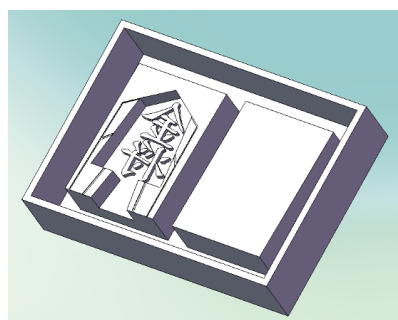


図4 3次元CADによる1次型の検討例

1次型の作成には ABS 樹脂積層型の造形機 (Dimension® 3D Printer) を用いました。図 5 に造形後の1次型を示します。

この1次型にシリコンを流し込み、図 6、図 7 の様な2次型を製作します。そして図 8 の様に2次型に石膏を流し込み、鑄造用の石膏鑄型の型取りとなります。図 9 は離型の後乾燥させた石膏鑄型の様子です。

石膏型は2枚一組になっており、図10の様に合わせ、上部の湯口部分から湯を流し込みます。このとき湯の温度が急激に下がるため素早い鑄込みが必要で、湯口の形状及び鑄込みの作業性が鑄物の出来映えに影響することが確認出来ました。鑄込み作業の後、図11の様に型を開き、湯道及び湯口部を取り除き完成となります。



図 5 造形機による  
1次型の作成



図 6 シリコン材の  
流し込み風景



図 7 シリコン材による  
2次型の製作



図 8 石膏の流し込み風景



図 9 完成した石膏型



図 10 アルミ材の注湯風景



図 11 型開き風景

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>○ 鋳造作業を体験し、鋳造についてのイメージ及び製作する上で考慮すべき点を確認します。</p> <p>○ 3次元CADシステムにおけるモデリング及びABS樹脂積層型の造形機の使用方法を習得できます。</p>	<p>◆ 鋳造作業体験</p> <p>昨年製作したテフロン材の鋳型（図1）を用い、錫の鋳造作業を体験します。</p>  <p>図1 テフロン材の鋳型</p> <p>鋳造作業を実際に体験することで、モデルとなるパーツの形状や抜き勾配、湯口の大きさ、ガス抜き穴の必要性などを確認することができます。</p> <p>また錫の特性として、鋳造性は良いが強度に欠け、機械部品などの負荷がかかる部分には使用できないという点を理解させます。それによって今回、アルミ鋳造を行う必要性を認識してもらいます。</p> <p>◆ 3次元CAD</p> <p>・モデル形状は学生に考えさせます。</p> <p>図2に検討した製品形状の例を示します</p>	<p>● 錫は融点が比較的低温（約228℃）ですが、安全には十分注意して作業を行わせませす。（耐火耐熱用手袋、ゴーグル使用）</p> <p>● 鋳造作業と使用する材料について（錫、アルミ）事前に調べさせておきます。</p> <p>● 鋳造して出来上がった部品を冷ましてから手で曲げさせます。（強度の低さを確認させます。）</p> <p>● 3次元CAD(SolidWorks®)の操作は既に習得しているため、鋳造に必要な条件を提示します。</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
	<div data-bbox="746 264 908 474" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="667 510 965 584">図2 3次元CADによる 製品形状の検討例</p> <p data-bbox="639 656 1031 831">図2の製品形状をもとに、図3の様な、製作に必要となる型をモデリングします。(1次型、2次型)</p> <div data-bbox="708 835 978 1043" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="667 1048 949 1122">図3 3次元CADによる 1次型の検討例</p> <p data-bbox="639 1193 1031 1317">造形機にデータを送る関係上、モデルの作図平面を確認させます。</p> <p data-bbox="639 1388 1031 1512">抜き勾配の角度や湯口の大きさ、ガス抜き穴などを考えさせます。</p> <p data-bbox="639 1583 1031 1657">造形機が開けるファイル形式で保存します。(STL)</p> <div data-bbox="694 1682 1000 1910" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="667 1926 927 2000">図4 ABS樹脂積層型 造形機</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="1059 264 1450 387">● 製品形状を自由に検討させる事により、創造力や発想力を養います。</li>   <li data-bbox="1059 1193 1450 1657">● 3次元造形機でデータを開いた時に、3次元モデルが配置される方向で（横向き、縦向き等）造形時間が長くなる事があります。 これについて、データを配置した段階で間違っていた場合は修正させるなど、学生に作図平面の重要性を理解させます。</li> </ul>

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>○ シリコーン材、鋳造用石膏、鋳造用アルミなど、使用材料の特徴を知ることができます。</p>	<div data-bbox="687 266 986 490" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="667 508 986 584">図5 造形機による1次型の作成</p> <p data-bbox="639 607 1031 1223">図4に今回使用した樹脂積層型造形機を、図5に造形機によって作成した1次型の例を示します。造形機は最小積層幅が0.25mmなので、この時点で傾斜のある部分に段が出てしまいました。この段差がそのままシリコーン型、石膏型に転写し、最終的には鋳物に転写します。造形機は手軽に使用できる一方、表面の凹凸については、使用する場合の欠点でもあります。</p> <p data-bbox="639 1290 1031 1570">◆ シリコーン材について 今回石膏型の型取りに用いたシリコーン材は、図6の様な一般的に型取りに用いられる2液混合タイプの信越シリコーン製 KE-12 を用いました。</p> <div data-bbox="687 1621 975 1865" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="639 1924 1015 1957">図6 シリコーン材の流し込み</p>	<p data-bbox="1054 1290 1453 1469">● それぞれの材料についての特徴を、図書室の書物やインターネットなどから調べさせます。</p> <p data-bbox="1054 1536 1453 1666">● 硬化剤の量と硬化するまでの時間などを記録させておきます。</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>◆ 鑄造用石膏について</p> <p>今回の注湯材料がアルミ材である事から、鑄型の材料に鑄造用耐火石膏を用いました。 (吉野石膏製ハイストーン C-2NK (アルミ・亜鉛用))</p> <p>使用に際し標準的な混水量は石膏 1 kg に対し 450cc と明記されていましたが、実際に試してみたところ、鑄込み時に破損する個所が見受けられました。混水量の加減で石膏の流動性と強度が変化することから、実際に作業を進める中で、配合割合を調整しています。攪拌時の発泡については、今回採用した石膏材について鑄物形状表面に目立った影響が出るほど顕著ではありませんでした。ガス抜けの悪さについては、ガス抜き穴を設け注湯の際の流れ込みがスムーズになるよう試みています。最終的には、石膏内の水分除去と型の強度を上げる目的で、約 300℃の温度で約 2 時間乾燥を行っています。図 7 に石膏の流し込み風景を図 8 に成形された石膏型を示します。</p>  <p>図 7 石膏の流し込み</p>	<p>● 混水量の加減（水の配合割合）によって石膏の流動性と強度が変化することを体験し、配合割合を調整させます。</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>○ アルミの溶融方法、鑄造作業を習得します。</p>	<div data-bbox="667 286 1007 539" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="699 584 959 613">図8 完成した石膏型</p> <p data-bbox="639 656 1034 1126">◆ 鑄造用アルミ材について アルミ鑄造は初めての取り組みであることから、選択に際し鑄造性及び流動性の優れた材料に絞り込みました。次年度以降鑄造による機械要素部品の制作を検討している事も併せて、機械的性質が比較的優れていて入手のしやすい AC4A を採用することとしました。</p> <p data-bbox="639 1193 1034 1615">◆ アルミの溶融工程について 今回、造形を検討している製品の形状が比較的小さめで容積が 6461mm<sup>2</sup>である事から、アルミ材の溶融には工学実験等で使用している電気炉を用いました。この様子を図9に示します。</p> <div data-bbox="703 1682 991 1899" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="667 1935 986 1964">図9 アルミ材の溶解風景</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>○ 鑄造結果を検証し、問題を見つけ、原因の追及と対策を行う能力を身につける。</p>	<p>図 9 の様に炉中に黒鉛坩堝を挿入し、その中で材料を溶かすこととしました。純粋なアルミの融点は 658℃とされるが、今回の材料を実際に溶解してみたところ 604℃で溶け始めました。</p> <p>注湯に際しては作業中に湯が冷え、流れにくくなることから、融点より約 100 度高めの 700 度付近まで温度を上げ、注湯を行っています。注湯の際は、図 10 のように坩堝はさみで坩堝をつかみ、直接湯口より流し込む重力鑄造によって行いました。</p>  <p>図 10 アルミ材の注湯風景</p> <p>◆ 結果の検証</p> <p>図 11 のように型を開き、アルミ材が細部にまで注入されているかを確認します。また、引けやバリ、鑄肌の状態などを確認し、問題がある場合の対策として、湯口やガス抜き穴などの改良につなげていくよう、考えさせます。</p>  <p>図 11 型開き風景</p>	<p>● 安全上、1000℃まで耐えられる耐熱用手袋、及びゴーグルを使用させます。</p> <p>● 流し込み作業については、石膏型を耐火レンガの上に置き、砂を敷いたステンレスのバットの中で作業を行わせます。</p> <p>● 学生が自ら問題点、改良点、原因、対策を考えられるようにアドバイスを出示します。</p>

今回の鋳造に関しては、生産技術科のカリキュラムに実技時間は無く、学生としては初めての取り組みでした。しかし既に習得している3次元CADを活用することで、オリジナル製品を製作するという試みからも、興味のある内容だったようです。授業での加工実習としては切削作業を中心に実施していますが、企業では鋳造品の取り扱いも多いため、学生にはいい経験ができたのではないかと考えます。また今回のノウハウをもとに、次年度以降は更に切削加工も取り入れて、複雑な形状の機械要素部品の製作などを行いたいと考えています。

#### 課題に関する問い合わせ先

**施設名** : 近畿職業能力開発大学校  
**住所** : 〒596-0103  
大阪府岸和田市稲葉町1778  
**電話番号** : 072-489-2112 (学務課)  
**施設 Web アドレス** : <http://www.ehdo.go.jp/osaka/college/top.html>