

機械工作法実習

(1/4学期)

実習のまとめについて



機 械 工 作 法

人間が他の動物と違う点は、道具を作りこれを活用して自分達の体力や知力を補い自然の猛威から身を守り、更に文明を築いてきたことである。したがって、物を作るということは、最も知的な行為であり、また喜びもある。

あらゆる工学あるいは技術の中で物や道具を作るのは機械工学だけである。いかに立派なアイデアでも具体的な姿に生産できなければ文字通り画餅に過ぎない。また、これらを作る場合、所望の機能や性能が得られるように作るのは勿論であるが、コストや時間が非常にかかるようでは困る。安価に、速く、しかも必要な精度にそろった品物（再現性）の製品を作ることが大切である。

機械工作法は加工、熱処理、測定から組立まで物に作りあげるまでの全てを扱うSynthesisなのである。機械工作法はAnalysisを主眼とする材料学、弾・塑性力学、破壊力学、熱力学、機械力学、振動力学、制御工学、計測工学、システム工学、経済学など極めて多くの学問分野と関連し、また、これらの知識の上に成り立っている。従って、機械工作法を生きた形で身につけるには、関係学問についても十分に習熟しながら、機械工作法の本質にせまることが不可欠である。

機械工作法で取り扱う現象は、様々な因子が絡みあって非常に複雑であるから、機械工作法を生きた形で身につけるには、実物に接し、体験することが大切である。

『実践の基礎のうえに理論が生まれ、理論が実践を効果的にするとともに、実践が理論を発展させるのである。』どんなに技術の基礎となる理論を学んでも、実践を伴わなければ生きた形で身につけることができない。

◎機械実習工場における安全の心得

- a) 工作機械を使用する時は教職員に必ず許可を得る。絶対に無断で使用しない。
- b) 作業帽、作業服（胴回り、袖口の絞ったもの）を着用する。
- c) 靴は作業靴または安全靴を履く。スリッパ、サンダル類は禁止。
- d) 機械に巻き込まれないように、上着の裾や袖口をしっかり締めておく。
- e) 帽子を着用する、髪は出来るだけ短くする、長い人は束ねること。
- f) 切り屑を発生する工作機械を使用する時は保護めがねを着用する。
- g) 機械操作中、手袋の使用は禁止する。（ガス切断、溶接、重裏物の運搬時は除く。）
- h) 喫煙や飲食をしながらの作業は禁止する。
- i) 病気または体調の優れない時は機械の使用は控える。
- j) 機械の操作は単独で行うのが基本である。ただし、不測の事態に対処できるように、2人以上が作業現場いること。
- k) 運転開始のスイッチは周りの安全を確認してから入れる。
- l) 工作物、工具、測定器、その他余分なものを機械上に置かない。
- m) 機械運転中に運動部分には絶対に触れない。
- n) 工具、工作物は高温になるので取り扱いに注意する。
- o) 切り屑を発生する機械では、切り屑の飛散に注意する。
- p) 切り屑を素手で触らない。
- q) 工作物の取り付け、取り外しは、完全に機械を止めてから行う。
- r) 作業終了後は、すみやかに使用した機械の手入れと、周辺の掃除をする。

※「実験・実習における安全の手引」をよく読むこと。

◎教科書と各自準備するものについて

- 1) 機械工学便覧（デザイン編β3 加工学・加工機器）を使用する。
- 2) **A4/ー**ト、電卓を各自準備する。
- 3) ノートすべき事項、用語類は実習時間中に調べる。
- 4) レポートは指定日に**A4/ー**トで必ず提出する。

*講義で使用するテキストは以下より 各自ダウンロードして印刷し
毎時持参すること。

<http://www.mech.kyutech.ac.jp/factory/index.htm>

○ノート提出時の回答方法

(実習の次はノートのまとめと課題演習)

必ず問題を書いてから回答すること.

(例)

(1)溶接の種類を述べ簡単に説明せよ.

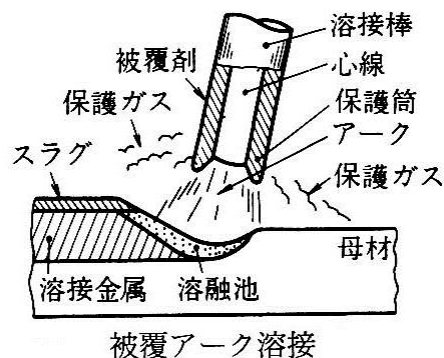
1. ガス溶接

各種のガス炎を用いて，ガス燃焼時に生じる高温を利用して，金属を溶接する方法．ガス炎に酸素アセチレンを使用することが最も多い．

2. アーク溶接

a. 被覆アーク溶接

溶融すべき母材と被覆アーク溶接棒との間に交流または直流電圧をかけ，溶接棒先端に図に示すごとくアークを発生させる方法．



(1) 木型と割り型図面の製図

1. 模型（木型）

金属を成形加工する方法の一つとして圧延・鍛造・溶接・機械加工などがあるが、鋳造もこれら加工法の一つとみなされ、とくに複雑な形状のものを比較的簡単な設備で生産できる特長がある。

鋳物は、模型をもとにして作られるので、模型の良否は鋳物の品質を決定する。最近ではとくに鋳物の寸法精度、表面平滑さなどが強く要求され、模型が重視されている。模型は木材、プラスチック、樹脂等が使用されているが、ここでは木製の模型を使用する。木型は鋳造品の個数と型の大小、形状によって型作りされる。この木型造りには、図面をよく理解していなければならない。

製品形状を表現する方法として、JIS（日本工業規格）では三角法で製図することが規定されている。本学の実習では、この三角法によって製作された現物型、現型、回し型を使って鋳型を作っている。

木型（現物型）を作るには、溶けた鉄の凝固、収縮を考えて鋳物尺(Contraction Rule)で模型を作る。この模型の寸法には、基準寸法にさらに木型の砂からの抜け易さ、機械加工の取り代を加えなければならない。さらに鋳造時の歪、湯の流れ、ひけ巣、亀裂等を考慮して木型形状を考える。

木型は高価であるから、それだけ生産コストの上昇につながる。従って木型は簡単に製作個数だけ作るための耐久性があれば十分であるように作る。そのためには木型用材（模型用材）や作り方の選択が必要である。ここに模型製作の工夫があるのである。模型を作ることを念頭において実習する。

2. 下記の項目を調べノートにまとめよ。

(1) 第三角法で示された図を立体図で示せ。

(2) 模型用材料は次の「6つ」がよく使用される。各々の特長を書け。

木材、石こう、金属、ろう、プラスチック、発泡スチロール

(3) 現物型、現型、引き型（回し型）、かき型の図を書いて説明せよ。

(4) 抜けこう配（抜きしろ）、縮みしろ、仕上げしろ（加工しろ）を説明せよ。

(5) 鋳造、鍛造で製造される部品をそれぞれ5つ挙げて、用途と何故その製造方法なのか説明せよ。

(2) 鑄造 (Casting)

1. 鑄型と鑄物砂

複雑な形状物を一体又は分割構造で作るには、昔より鑄造で作られた。その基本の鑄型は砂型である。この砂型から使用目的、精度、量産方法、材料、生産性等によって色々な方法に発展した。

本学の鑄造実習では、現物型、引型（回し型）を使って基本となる砂型（生型）の鑄型を作る。その課程で型詰め方法、砂の水分、湯口の切り方、位置、ガス抜き、引型の作り方、“まね”のかけ方等鑄型作りの基本事項を習得する。

2. 下記の項目を調べノートにまとめよ。

- (1) 実習における手詰め鑄型法を、順序を追って図を書いて説明せよ。
- (2) 鑄物砂の種類を述べよ。
- (3) 砂型の必要な特性を述べよ。
- (4) 鑄造における諸現象を述べ、簡単に説明せよ。
- (5) 各種鑄造法を8つ述べ、それぞれ簡単に説明せよ。

(3) 溶接(Welding)

1. 溶接とその目的

製作個数の少ない物では、木型を作り鋳造によって複雑な製品を作るよりも、鉄板を目的に応じて形取りし、溶接によって接合して複雑な製品を作る方がより早く、しかも鋳物に比べて軽くて剛性の高い製品ができる。また製品化コストも安い。(木型を必要としない) このようなことから溶接性の良い鉄材が開発された今日では、過去において鋳造されたものを(低圧タービンケーシング、モータケーシング、大型工作機械、大型船用エンジンなど)溶接物に置き換えたりしている。

溶接実習は、電気溶接におけるアークの安定、鉄材の熔融状態、アーク溶接法、安全性等溶接の基本を知ること重点をおく。

2. 次の項目をノートにまとめよ。

(1) 溶接の種類を述べ簡単に説明せよ。

(2) 下記の溶接用語を簡単に説明せよ。

開先, ウィービング, アンダーカット, オーバラップ, スラグ巻き込み
ブローホール, クレータ

(3) ガス切断の切断方法を述べよ。

(4) 溶接変形を示し、防止法を述べよ。

(5) アーク溶接により発生する災害(特に目と発生ガス)について述べよ。

(4) 鍛造 (Forging) と熱処理 (Heat Treatment)

1. 鍛造

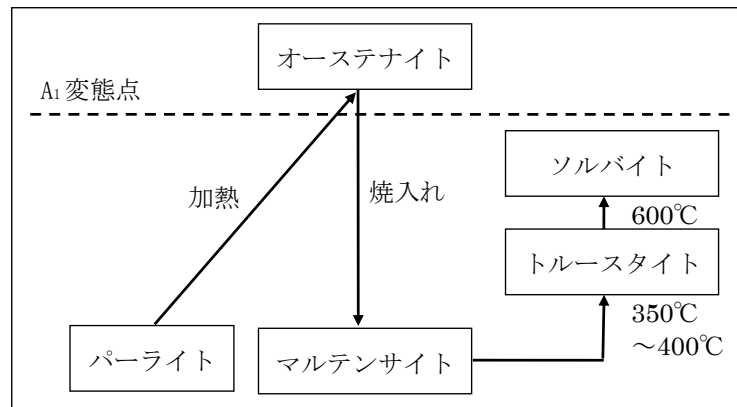
鍛造は、棒または塊状の金属素材に工具を用いて圧力を加え、鍛造効果を与えて材料の機械的性質を改善すると同時に、各種の機械構造部品の素形材を成形する加工法である。鍛造温度によって熱間、温間、冷間鍛造に分類される。実習では、熱間鍛造を行う。

◎熱間鍛造；材料の変形抵抗が室温におけるよりはるかに小さく、大きな変形を容易に与えることができるので、鍛造効果を与えるほか、冷間鍛造に比べて大形かつ複雑形状部品、および難加工材の成形に適する。(再結晶温度以上で行う鍛造)

2. 熱処理

熱処理とは、鋼を加熱し冷却する行程でこれは体質改善をはかる操作をいう。この処理を大別すると普通熱処理（焼なまし、焼ならし、焼入れ、焼もどし）、等温熱処理、表面硬化熱処理となる。今回の実習では普通熱処理の焼入れをおこなう。

※焼入れ；鋼をオーステナイト状態にした後、冷却剤（水や油）中に入れ急冷してマルテンサイト組織を得る操作をいう。



鋼の熱処理

3. 下記の項目を調べノートにまとめよ。

- (1) 鍛造に必要な工具、燃料および熱処理時の冷却液について述べよ。
- (2) Fe-Fe₃C 平衡状態図を示せ。
- (3) 炭素鋼における鍛造温度を調べよ。
- (4) ファイバーフローと製品強度をについて述べよ。
- (5) ショア硬度の測定結果を書け。(表にすること)
- (6) 材料判別にグラインダーによる火花試験法がある。この方法を用いてSS400とS50Cの火花形状を書け。(参考図参照)

(5) フライス削り (Milling)

1. フライス削り

フライス削りは、円筒または端面上に複数個の切れ刃を持った工具を回転させる切削加工法で、その工具をフライスという。平面、側面、溝、ねじ、歯車等の加工ができ、再研削にやや難があるが、普通多数切れ刃で加工するために能率がよい。工具の回転方向とテーブル送り方向との関係から「上向き削り」「下向き削り」がある。この切削作用の特徴としては、



- 1) 被削材を固定して切れ刃を回転させる。
 - 2) 断続切削である。
 - 3) 切削厚さが切削中に変化する。
- などがあげられる。

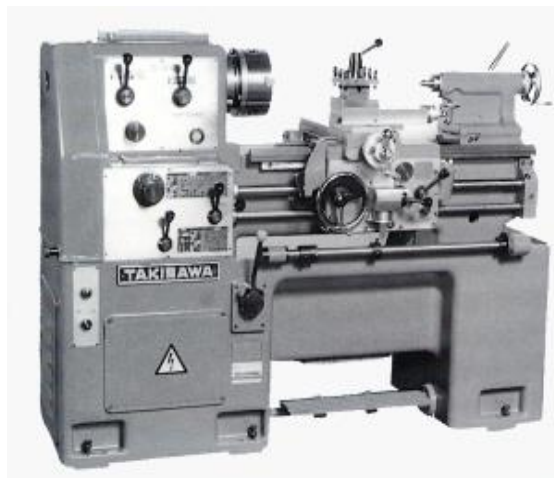
2. 下記の項目を調べノートにまとめよ。

- (1) フライス切削での切削条件を決める際に考慮するポイントを述べよ。
- (2) 今回、被削材 (S45C) をフライス加工する際、正面フライス加工とエンドミル加工、それぞれの回転数、送り速度を示せ。
- (3) フライス削りにおいて、上向き削りと下向き削りの違い、双方の利点、欠点を述べよ。
- (4) 正面フライスで加工する際、切削時に上向き削りと下向き削りが発生する。この様子を図示せよ。
- (5) エンドミルを構成している各要素と内容を述べよ。

(6) 旋削 (Turning)

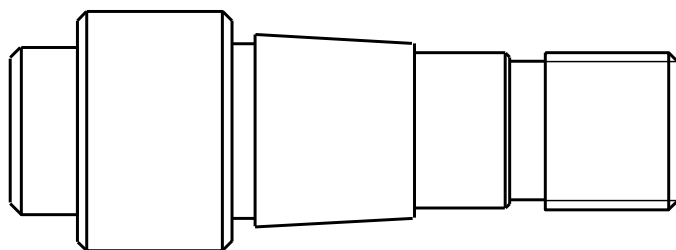
1. 旋削作業

工作物を回転させ、切削工具（主にバイト）に送りを与えて切削する作業を旋削作業といい、その作業を行う工作機械は、主として旋盤 (lathe) である。旋削作業は切削工具の形状と送り方向によって、さまざまな加工が可能である。旋削の中で最も基本的な作業が外丸削りである。これは工作物を回転させ、切削工具を工作機械の主軸の軸線に平行に送ることにより工作物の外周を円筒形状に削る加工方法である。旋盤は、この加工方法以外に、面削り、中ぐり、テーパ削り、突切り、総形削り、ねじ切りなど、一台の機械で多種多様な加工を行うことが出来る。



2. 下記の項目を調べてノートにまとめよ。

- (1) 基本的な旋削作業を7つあげて、図を書いて説明せよ。
- (2) 切削工具材種の硬度と靱性の関係を示せ。
- (3) 超硬 (P20) の刃物で、 $\phi 60$ の被削材 (S45C) を加工するときの主軸回転数を求めよ。
- (4) バイトの損傷を図に書いて簡単に説明せよ。
- (5) 構成刃先を説明し、その様子を図示せよ。
- (6) 旋削図面に寸法や下記の記号等を入れて完成せよ。
寸法線・中心線・表面粗さ・寸法補助線・ねじの表示・寸法公差
- (7) ねじ切りの原理を図に書いて説明せよ。



旋削図面

(7) 研削 (Grinding)

1. 研削加工

研削は、円筒、平面などの加工を高精度に行う加工法である。その仕上げ精度を表面粗さで表すと $Ra=0.8\mu m$ 以下になる。この高精度加工する刃物が砥石（砥粒）である。研削加工は砥石を回転させ加工物（ワーク）に切り込みを与え行う。従って研削加工の製品は面精度を必要とする摺動部分、寸法精度を必要とする平面、軸受部等に施される。今回は、平面を研削する平面研削盤（Surface Grinder）を使って実習を行う。



2. 下記の項目を調べノートにまとめよ。

- (1) 砥石の三要素について説明せよ。
- (2) 目つぶれ、目詰まり、目こぼれ
- (3) ドレッシングとその目的
- (4) 使用した砥石の表示法
- (5) 砥石の自生作用
- (6) 研削したワークを測定し平行度を調べよ。
- (7) 研削で使用した測定器の名称を書け。

◎安全作業と操作上の注意

1. 砥石の取り扱い、保管に注意する。
2. 切込み方向を正しく覚える。
3. 研削砥石の正面で作業をしない。
4. 砥石は決められた回転数で使用する。
5. 工作物の脱着は砥石が完全に停止してから行う。

参考資料

◎砥石の三要素

砥石は、「砥粒」「結合剤」「気孔」の3つの要素から成り立っている。

◎砥石の自生作用

砥粒が切れなくなると、その砥粒にかかる研削抵抗が大きくなりついに結合している結合剤の強さをこえると、破碎して新しい砥粒面が現れる。これが順調に繰り返されれば切れ味の良い研削が維持できる。被削材の材質、硬さとの関係から適した結合度を選択すると最良な研削加工ができる。

(8) 仕上げ(Finishing)

1. 仕上げ、組立

機械加工が終わると、仕上げ、組立作業に入る。仕上げであるから、部分組立、調整、修正、また組立と小さく手数の掛かる仕事が多い。従って、単独か、または組合せになる。なかでも機械要素の一つであるねじ立てが多い。それぞれの仕事に経験が豊かでないと失敗も多い。そこで本実習では、各々工具の使い方、工作方法を知り、そのどこを注意深く行えば失敗が少なく、しかも仕上げ時間が短縮され、よりよい製品が組み立てられるかを学ぶことにする。

2. 下記の項目をノートにまとめよ。

- (1) バイス、ポンチ、ヤスリ、スコヤ、トースカンを図に書いて簡単に説明せよ。
- (2) ねじ立てとタップ・ダイスについて説明せよ。
- (3) ドリルを図に書いて、チゼルエッジと逃げ角を示せ。
- (4) 穴あけ作業時のドリルに働く推力図を書け。
- (5) 三枚すり合わせ法を説明せよ。
- (6) 光明丹の作り方と赤当り、黒当りについて説明せよ。

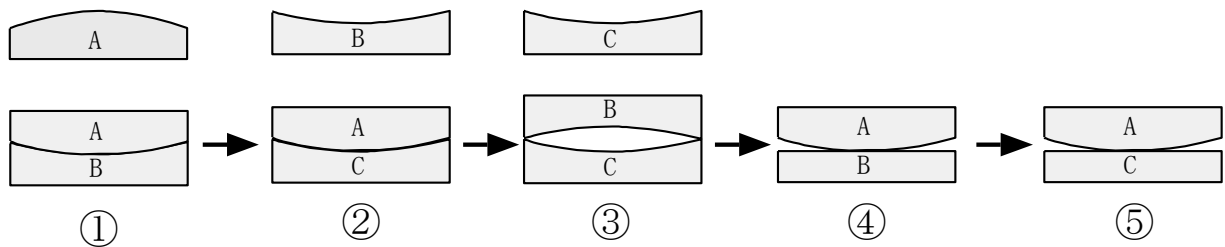
参考資料

◎平面すり合わせの要領（定盤の場合）

1. すり合わせ定盤に光明丹を塗り、これを工作物にすり合わせると、工作物の高い箇所光明丹が赤く付着する。これを赤当りという。光明丹が、赤黒く着いたところが、最も高く、赤く着いたところが、次に高く、さっとついたところが、その次に高い。そこで、この高い箇所をキサゲで削り取る。
2. この作業を繰り返す。すり合わせが進むにつれて光明丹の塗り方を薄くする。
3. しだいに赤当たりが多くなり、ついには、80%ほどが赤当たりとなる。
4. 前に定盤に塗った光明丹はよく拭き取った後、こんどは工作物に光明丹を塗りそれを定盤にすり合わせると、工作物の高い箇所の光明丹がとれて黒く光る。これを黒当りという。その部分をキサゲで削り取る。
5. それを繰り返し、80%以上が黒当たりとなるまで行う。
6. 最後に両方ともよく拭いて、品物に息を吹きかけ、定盤ですり合わせる。高いところが光って見えるからそこを削り取る。

◎三枚すり合わせ法（定盤がない場合）

定盤がなくても、キサゲをかける面が三面あれば、仕上げる事が出来る。この方法を三枚すり合わせ法という。（発明者の名を取って、ウィットウォース法ともいう）すなわち、下図のようにA, B, Cそれぞれ仕上がっていない三つの面がある場合それを繰り返すと凹凸がしだいに低くなり、ついには、三枚とも完全な平面になる。



◎すり合わせの要領

基準となる平面、すなわち定盤のようなものに光明丹（鉛丹ともいう）を塗り、その上に工作物をのせてすり合わせると、工作物の高いところに、基準平面とすり合っああとが着く、この場合、光明丹のついた高い場所をヤスリまたはキサゲで削り取って工作することをすり合わせという。

光明丹は、石油またはシラシメのような薄い油で、ごくかたく溶かし、上仕上げになるほど薄く定盤に塗る。キサゲ仕上げは、すべてすり合わせによって面の高低を見るが、光明丹の当たりぐあいを一般に25.4mm（1インチ）平方の数で言い表す。一般にこれを坪いくつの当たりという。

(9) NC、数値制御 (Numerical Control)

1. 数値制御工作機械

数値制御工作機械とは、工作機械に必要とされる運動（主運動、送り運動、位置調整運動）を数値化した情報によって指令し、自動化する機械である。例えばNC旋盤、NCフライス盤、マシニングセンタ（MC）等がある。

2. マシニングセンタとプログラミング

マシニングセンタは、1回のワークセッティングでミーリング、ボーリング、ドリリング、タッピング等の一連の作業ATC（自動工具交換）を使って連続的に高速度、高精度加工を目的として開発された工作機械である。

ここではマシニングセンタを使用するにあたって必要な記号、コードを理解するために加工図面をもとにプログラムを作成し、実際の加工装置でシミュレーションしてみる。

3. 下記の項目を調ベノートにまとめること。

- (1) 3Dプリンタを活用した製品開発の事例を挙げて説明せよ。
- (2) NCコードの各命令語（諸機能）について説明せよ。
- (3) 被削材S45C、SS400をそれぞれ説明せよ。
- (4) マシニングセンターの特徴と活用事例を挙げて説明せよ。

◎プログラムを作成上の加工条件（参考）

被削材	S45C
刃物直径 D	φ10 (mm) エンドミル (SKH (高速度鋼))
切削速度 V	16~25 (m/min)
送り速度 F	0.15 (mm/rev)
回転数 N	$N=1000 \cdot V / \pi D$ (rpm)