

# 1 - 1 金属加工

## 概要

この項では、まず、金属材料を用いて研究用の機器を製作しようとするときに理解しておくべきことがらを述べる。次に、材料として通常用いる金属の種類について簡単なまとめをし、さらに基本的な金属加工用の工作機械を紹介しつつ、金属加工に伴う技術的なポイントを紹介する。

### 1. はじめに

物理学、化学、生命科学など、いずれの分野でも、しっかりした機器を用いることによって精密で再現性のある実験が可能になる。そのような機器や、場合によっては装置の部品であっても、独自のものを手元で製作することができれば、実験の幅や信頼性は広がるだろう。この項では、そのために必要な金属加工の種類や技術の実際を簡潔にまとめる。たとえ自分で加工作業を行わず、機器の企画・設計のみを行う場合であっても、以下の内容は役立つと思われる。

一般に金属は、強度・加工性において優れた性質をもち、特に電導性や熱伝導性を必要とする場合には、不可欠な材料である。金属は日常生活の上で構造材・容器・電線等として広く使用されているが、研究用の機器においてはさらに重要な役割を果たしている。しかし、工業製品として大量に製作する場合の金属加工と、特殊な研究用機器を少数製作する場合の金属加工には大きな相違がある。大量生産の場合の金属加工の例として、ビールのアルミ缶や電気器具に用いられる電線などを見てみよう。これらは深絞りや線引きという特殊な金属加工技術を用い、大量に製作したものである。もしこれらのような金属製品をごく少量製作するとしたら、大変な手間と費用が掛かるだろう。研究用の機器やその部品を金属で製作する場合は、最終的に必要な特性だけでなく、加工や組み立てに要する手間や少量生産に伴う費用を考慮して、企画・設計をする必要がある。

また、一般的に「ものづくり」に共通することだが、使用目的にあった材料とその加工や扱いに適切な機械や工具を用いることが重要である。項末に示すような参考書もあるが、具体的な技術やその勘所については、専門の技術者に相談することを奨める。本理学部の工作工場は、研究者・学生のそのような相談にできる限り対応している。

### 2. 金属材料の種類と特性

#### 2.1 構造材として用いる主な金属材料

研究装置の骨組み、容器や、力が加わる部品を作る構造材となる金属材料の多くは、鉄

執筆者 化学科 教授 石井菊次郎 (kiku.ishii@gakushuin.ac.jp)  
化学科 助教 仲山英之 (hideyuki.nakayama@gakushuin.ac.jp)  
工作工場 下川祐司 (yuji.shimokawa@gakushuin.ac.jp)  
工作工場 栗原雅哉 (masaya.kurihara@gakushuin.ac.jp)

Fe, 銅 Cu, アルミニウム Al を主原料とした合金である。Fe, Cu, Al は, 純粋な状態では比較的柔らかく, 構造材としては用いることはあまりない。例えば, 純粋な Fe は軟鉄と言われることがある。一方, 0.5 %程度の炭素 C を含む鉄材料は鋼(「こう」あるいは「はがね」とよばれ, 建築物や機械の骨組みとして多く用いられている。また, Fe にクロム Cr とニッケル Ni を加えたステンレス鋼, Cu に亜鉛 Zn を加えた黄銅(真鍮ともよばれる), Al に Cu を加えたジュラルミンは, いずれも名高い合金で, それぞれの特徴を生かし, 多くの分野で使われている。

これらの合金は, 加工性, 耐食性などが主要元素だけの場合よりも優れているものとして開発されたが, 基本的な性質には主要元素の性質を継承している場合が多い。そこで, 身近な金属元素の基本的な性質をまず表 1 にまとめる。念のために収録した金 Au, 銀 Ag は別格として, 融点や硬さの面から, Fe, Ni, Cu を主成分とする合金は力学的に強く, 構造材に向いていることが期待できる。ただし, Ni は価格が高い。一方, 密度の点からは, Al やチタン Ti の合金が軽量であることが期待できる。Ti は価格は高いが, 軽量で硬く, 耐食性に優れ, その合金は航空機用構造材にも用いられる。

表 1 金属元素の性質 (主として「理化学辞典, 第 5 版」より引用)

金属元素	密度 (g/cm <sup>3</sup> ) 注なしは 20℃	融点 / 沸点 (℃)	モース硬さと他の性質
亜鉛 Zn	7.13 (25℃)	419.6 / 907	2.5, ややもろい
アルミニウム Al	2.70	660.4 / 2470	軽い。延性・展性良し。
金 Au	19.32	1064.4 / 2800	2.5~3, 延性・展性は最良。 電気・熱伝導は銀に次ぐ。
銀 Ag	10.50	961.9 / 2210	延性・展性は金に次ぐ。電気・ 熱伝導は最良
スズ Sn	α型 5.80 β型 7.28	232.0 / 2270	融点の低いことが特徴。β型 は-30℃以下では腫れ物のよ うになり, 崩れやすくなる。
チタン Ti	4.50	1660 / 3300	4.0, 比較的軽い。硬い
鉄 Fe	7.87	1540 / 2750	4.5, 延性・展性良し。
銅 Cu	8.96	1083.4 / 2570	3, 延性・展性良し。
鉛 Pb	11.35	327.5 / 1740	1.2, 融点低い, 比較的重い
ニッケル Ni	8.90 (25℃)	1450 / 2730	3.8, 延性・展性良し。

次に, 通常用いられる合金の性質等の概略を次頁の表 2 に示す。鋼に関係する鉄の材料としては, 鋳鉄がある。これは炭素 C を数%含み, 熔融状態で流動性に富むので鋳物を作るの

に使われるが、硬く脆いので、さらなる加工には適さない。鑄造およびさらなる加工に適した合金としては、砲金があり、機械の部品などにしばしば用いられる。成分は Cu 90, Sn 10 % 程度である。これは古来青銅とよばれた合金の仲間で、黄銅に類似する合金とも言える。同様に Cu に Ni を 10~30 % 含む合金はキュープロニッケルとよばれ、展性に優れ、酸にもアルカリにも耐食性がよい。Cu 75, Ni 25 % のものを白銅とよび、貨幣にもちいる。また、かつて食器などに用いられた洋銀は、Cu を主成分として Ni と Zn を加えた合金である。

表 2 代表的な合金の組成と特徴 (主として「物理測定技術 1, 基礎技術」(朝倉書店)より引用)

合金	代表的な組成 (%)	性質の特徴
鋼	Fe 99.5, C 0.5 (この炭素は、歴史的には意図して添加したものではなく、製造法により自然に混入したもの)	炭素含有量や製造工程の違いにより、構造用圧延鋼、工具鋼、バネ鋼などの種類がある。強靱。磁性を帯びる。湿度の多い環境で使用すると錆を生ずる欠点。不純物の少ない炭素鋼から冷間引き抜き加工で製造される高品位の線材は、ピアノ線とよばれることがある。
ステンレス鋼	Fe 74, Cr 8, Ni 18	英語名は stainless steel, すなわち、錆知らず鋼。Cr 8, Ni 18 % を含むものは JIS 規格で SUS304 と標記され、一般的。非磁性。Ni を含まず、Cr を多めに含むものは、磁性を帯びる。粘りけがあり、切削加工には経験が必要
黄銅 (真鍮)	Cu 65, Zn 35 (Zn > 45 のものは脆いので、用いられない)	切削加工がしやすく、適度な展性・延性をもつ。英語名 brass. 金管楽器に用いられる。Cu と Zn の比率の異なる様々な材料が使用される。Cu 60, Zn 40 のものが黄金色に近い。Cu が多いと赤みが多い。Zn の蒸気圧が高いことが理由で、黄銅は高真空中で用いることはできない。
アルミニウム合金	Al 94, Cu 4.5, Mg 1.5	アルミニウム合金は、一般に加工性がよい。第 2 成分として Cu を含むものは、ジュラルミンとよばれ、名称は最初に研究がなされたドイツの町 Düren と Aluminum にちなむ。第 2 成分として Mg を含むものは耐食性に優れ、ジュラルミンに Ni を加えたものは耐熱性に優れる。

## 2.2 その他の金属材料

主要な構造材として用いられることは少ないが、金属製機器の一部としてしばしば用いられる金属材料として、りん青銅やベリリウム銅がある。りん青銅は青銅に0.3%程度までのリンPを加えた合金で、その板材は弾性に富み、板バネなどとして用いられる。さらにベリリウム銅は、Cuを主成分とし2%程度のベリリウムBeと若干のNi、Coなどを加えた合金で、耐摩耗性が大きく焼き入れ硬化が可能であって、精密機械の部品などに用いられる。

また、電線や小さな金属材料などを接合する際に用いられる合金として、半田や銀ローがある。半田は鉛PbとスズSnの合金で両者の比率はさまざまなものが用いられる。Snが63%程度のものが最も融点が低く、183℃程度である。さらに融点の低い電線接合用合金（低融点半田）としてSnとビスマスBiやインジウムInの合金なども研究されている。一方、銀ローとよばれる合金は、Ag、Cu、Znなどの合金であって、多くの種類の金属となじみが良く、600℃以上まで強度を保つ接合用の合金で、通常はガスバーナーで溶解し、小型の金属部品の接合に用いる。

## 3. 研究用機器製作における金属加工法

### 3.1 ボール盤による工作法と関連技術

金属加工の基礎的な機械であるボール盤は、図1のような形をしており、ネジを通すような、比較的小さい径の孔（通常は直径13mm程度まで）をあけるのに使用する。「ドリル」とよばれるキリを機械の中心の「チャック(A)」の部分に装着して、モーターで回転させる。孔をあける工作物は、高さを調整できる台に載せ、回転しているキリを右側のハンドル(B)で下方に押しながら、工作物にキリを押し込んでいく。

通常用いるドリルはツイストドリルともよばれ、図2のように穴あけの際に生じる金属片を掻き出すような構造をしている。多くのものは、SKSという記号で示される工具用の合金や、SKHという記号で示され高速度鋼とよばれる硬い合金で作られている。これらは、先端が摩耗した場合には研磨して再生することが可能であるが、刃先の形状が穴あけの能率と精度に大きな影響を与えるので、研磨は専門家に依頼する必要がある。

回転するキリが工作物にかみ込んで工作物が振



図1 一般的なボール盤

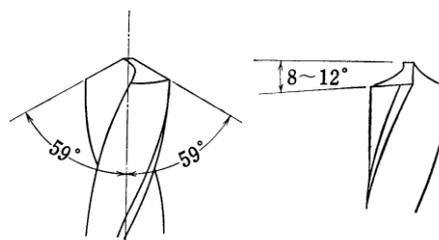


図2 ドリルの刃先の形状

り回されることがあるので、小さなものは万力に固定し、大きなものは「バイス」とよばれる小道具をもちいて台に固定して作業する。太いキリを用いる場合は、キリの回転速度を遅くし、刃先が工作物を削り進む速度を調節する。深い孔をあける時には、キリの刃先の温度が上がるのを防ぐために、それぞれの金属材料に適した「切削液」を用いる。切削液の役割は、工作物および刃物の冷却、工作物・切り屑・刃物の間の摩擦の緩和、加工後のさびの防止である。貫通する孔を工作物にあける場合は、台の中心の孔をドリルの回転軸と一致するように台を固定するか、工作物の下に平らな木の板を置くとよい。

孔あけ位置の精度を上げるためには、該当する位置に「センターポンチ」で小さなへこみつけておく。また、大きめの孔をあける場合には、径の小さなキリを用いてあらかじめ「下孔」をあけておく。図2のような通常のドリルの他に、孔の入り口を滑らかにする「面削り」、ネジの頭を沈み込ませる空間を作るための「坐ぐり」、貫通孔の径を正確に仕上げる「リーマー」などの特殊なキリもある。さらに、長い腕にカッターを固定し回転させ、薄板に大きな孔をあける場合にボール盤を用いることもある。

初心者がよくする重大な過失は、キリをチャックに締め付ける時に用いる回転用の工具を取り外さずにモーターのスイッチを ON にすることである。思わぬ方向に金属製の工具が飛び、大変危険なので、作業をステップごとに確認しながら進める。

### 3.2 旋盤による工作法と関連技術

旋盤は、金属部品の円筒形部分を加工するとき用いる。一般に図3のような形状をしており、工作物を固定するチャック (A) をもち、これが水平の軸のまわりで回転する。図4に示すように、先端がさまざまな形をしたバイトとよばれる刃物を刃物台 (B) に固定し、回転軸に近い高さで工作物に押し当てることにより切削を行う（通常の切削では、回転方向に  $5^\circ$  ほど高い角度で刃物の先端が当たるようにする）。刃物台は前後左右に手で動かすことができるが、工作物の回転と同期して、前後あるいは左右に自動的に動かすことも可能である。この前後左右の動きが滑らかで、工作物の回転軸と完全に直交あるいは並行であることが、機械としての旋盤の命である。刃物台を左右に動かすためのレールを特にベッドとよび、ベッドの長さが加工できる物体の大き

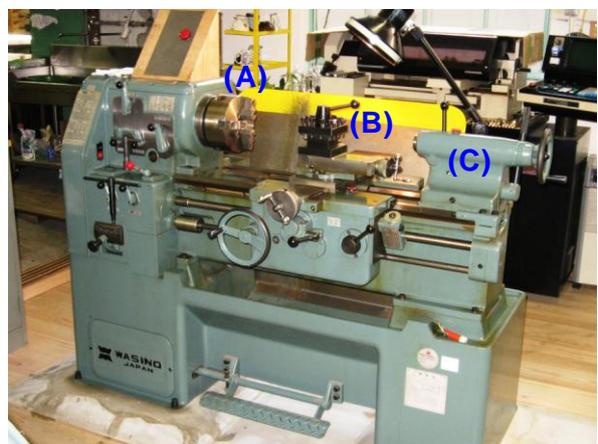


図3 一般的な旋盤

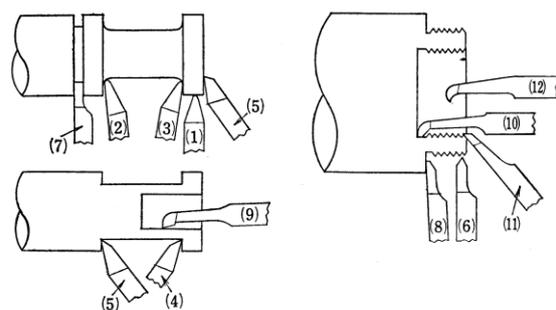


図4 加工部分の形状に応じたバイトの形

さの限界の目安となる。

切削作業に用いるバイトは、通常のはドリルと同様に工具用合金や高速度鋼で作られているが、専門家は、先端に超硬合金とよばれる特殊な金属片をネジ止めしたりロー付したバイトも用いる。

旋盤では、工作物の回転軸を固定するための道具を取り付けたり、径の大きなドリルを固定するための「心押台 (C)」とよばれる台が、刃物台の他にベッドに載せられている (図3の右端)。この心押台の軸が工作物の回転軸と完全に一致することも、旋盤の命である。

旋盤で加工する物体は円筒形のものが多く、それらを回転軸に固定する場合は普通、工作物を締め付ける3個の金属部品を1本のハンドルで同時に駆動できる、「三つ爪チャック」を用いる。しかし、円筒形以外の形をした物体に円筒形部分を作成する作業の場合は、4個の金属部品を独立に動かして工作物を締め付ける「四つ爪チャック」が用いられる。この場合は、円筒形部分の中心を回転軸と一致させるために慎重な作業が必要となる。なお、径の小さな棒状の物体を回転軸に固定する持具 (ジグ) として、コレットチャックとよばれる持具がある。これは、数 mm の範囲で物体の径に近いものを用いる必要がある。

旋盤で金属を切削する場合は、加工工作物の回転速度に特に注意をしなければならない。これは、刃物が接触する部分で工作物が動く速度が速すぎると、切削に伴う熱の発生により刃物先端の温度が上昇するためである。また、同じ理由により、刃物が工作物に食い込む深さにも注意が必要である。これらの問題を避けるためには、工作物の半径の大きさに見合う回転速度とバイトの送り速度を選択することが必要である。また、適切な切削油を用いることもボール盤の場合と同様に必要である。

旋盤を用いて行う重要な仕事の一つに「ネジ切り」(ネジの製作)がある。これは工作物の回転と刃物台の左右の移動を同期させることができる旋盤独特の機能を用いた作業である。この場合、旋盤に附属した表を参照して、回転速度と刃物台移動速度の比を選択する。既存の雄ネジあるいは雌ネジに対応するネジを作成する場合には、ネジの周期を確認するために、ピッチゲージという工具を用い、加工するネジが対応するネジに合うかどうかを作業の初めの段階で確認するとよい。ネジ切りの場合、バイトの刃先は回転中心に一致させないと、ネジの溝の角度に誤差が生じる。

初心者が旋盤を用いるときに犯しやすい過ちは、(1) ボール盤の場合と同様に、工作物をチャックで固定した後、締め付け用のハンドルをはずさずに工作物の回転をスタートすること。これはハンドルが思わぬ方向に飛び危険であるだけでなく、旋盤のベッドに致命的な損傷を与える可能性がある。(2) 工作物に対するバイトの位置だけに気を取られ、刃物台をチャックに衝突させてしまうこと。この事故は、旋盤の回転軸に致命的な狂いを生じさせてしまうので、絶対に起こしてはいけない。

### 3.3 フライス盤による工作法と関連技術

フライス盤は、刃物を回転する機構に加えて工作物を前後左右と上下に移動する機構をも

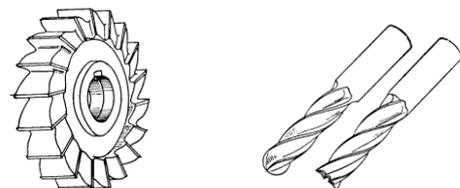
つ工作機械で、応用範囲が広い。大きく分けて、刃物の回転軸が縦のタイプと横のタイプがある。縦型フライス盤の例を図5に示す。以下に簡単に述べるように、フライス盤を用いる際には、機械の操作方法だけでなく、工作物に対して刃物がどのように研削作業を行うのかをよく理解しておく必要があるので、フライス盤の使用に際しては、金属加工一般についての広い知識が必要である。

フライス盤に装着する刃物としては、研削する箇所形状に合うさまざまな形状と大きさのものを手に入れることができる。図6に代表的な例を示す。個々の刃物をフライス盤の回転機構の主軸に装着するためには、たとえばエンドミル用のチャックなど、それぞれに適合したアタッチメントを用意する必要がある。刃物の回転速度と工作物の送り速度の選択や、適切な切削油の使用が必要なことは、旋盤を用いる場合と同様である。

一般に金属加工においては、工作物を安定に固定することが大切であるが、フライス盤の使用においては、さらに、必要な方向に工作物を精度良く固定することが重要になる。このことを説明するために、図7に簡単な例を示す。エンドミルを用いて工作物の表面と裏面を平行に仕上げるときを考えると、まず一方の面をほぼ仕上げてから工作物を裏返す際に、この面を工作時と平行に固定しなければならない。そのためには、精度の高い万力とともに、平行な平面をもつさまざまな大きさの敷板や直角定規などをあらかじめ用意することが必要であることが分かる。



図5 縦型フライス盤の例



(a) サイドカッター (b) エンドミル

図6 フライス盤用の刃物の例

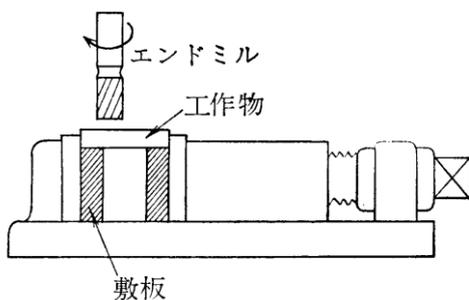
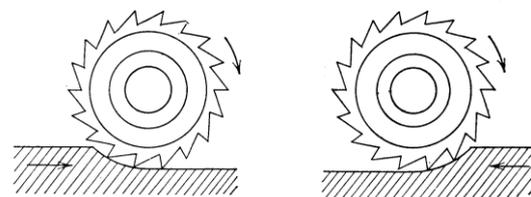


図7 万力による工作物の固定



(a) 上向き削り (b) 下向き削り

図8 刃物の回転方向と工作物の進行方向

もう一つ、フライス盤の使用において重要なことは、刃物の回転方向と工作物の進行方向

の対応について2種類の状況があることである。図8でそれを簡単に解説する。上向き削りの場合、一つの刃先に加わる削り代を増しながら加工物が接触し、刃物に局所的に加わる力が少ない。このため、上向き削りは荒削りや中間的な行程で用いられる。一方、下向き削りでは、一つの刃先が工作面に初めに接触するとき大きな力が加わるので、削り代を小さく取らなくてはならない。しかし、下向き削りでは、刃の回転軸を工作物に押しつける力が働いているので、削り代のぶれが少なく、精密な面を仕上げる最終工程に向いている。

### 3.4 その他の加工技術

以上に挙げた主要な工作機械の他にも、金属加工で頻繁に使われる機械や技術があり、そのいくつかを以下に紹介する。

#### 3.4.1 切断用機械と変形加工用機械

比較的単純な切断用電動機械として、金属の丸棒などを切断する電気ノコギリ、曲線に沿った切断ができる電動の帯ノコギリ、薄板を直線的に切断するシャーリングなどがある。また、変形用の手動の機械・工具としては、薄板を局所的に折り曲げるための折り曲げ機、薄板を円筒状に湾曲させるためのロール機、パイプを折り曲げるための工具などがある。これらは、金属材料をあらかじめ大体の形に成型するのに役立つ。

#### 3.4.2 タップとダイスによるネジの製作

旋盤で製作が困難な6 mm程度までの径の細いネジを製作する場合は、図9に概略の形状を示すようなタップとダイスを用いる。雌ネジを切るタップは、通常、3本1組でセットとなっているので、雌ネジの内径に等しい下穴をドリルであけてから、刃の山の低いタップから順に用いてネジを切る。タップの頭には四角の断面に削った部分があるので、ちょうどそこに入る回転用ハンドルを製作しておく

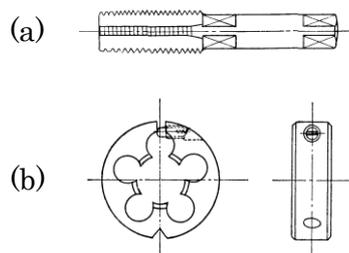


図9 タップ(a)とダイス(b)の形状

とよい。また、工作物に垂直にタップが入るように、ボール盤のチャックを利用することも一つの工夫である。この場合、タップを回転できるように、チャックは軽く絞めて利用する。貫通する雌ネジを切る場合は、切りくずを裏側に押し出すことが可能だが、貫通していない穴に雌ネジを切る場合は、切りくずを頻繁に掻き出す必要があるので、手間が掛かる。

雄ネジを切るためのダイスも、小さな虫ネジで径を調節できるようにできているので、最終的な径に仕上げる仕上げ用ダイスと、下削りをするためのダイスを準備するとよい。また、これらについても専用のホルダーを製作し、ボール盤のチャックを利用して、雄ネジの外径に等しく切削した棒状工作物に垂直にダイスを切り込ませる工夫をするとよい。

#### 3.4.3 ヤスリ・砥石・グラインダーを用いる作業

金属部品のわずかな整形や、工作物の切断部のバリ取りなどで、手持ちのヤスリを使うこ

とがしばしばある。通常のヤスリは、炭素鋼などの表面に網目状に小さな刃を立たせたもので、全体の太さ、長さとともに、網目の荒さについてもさまざまなものがある。工作物の材質、工作箇所の大さき・形、そして作業の目標とする表面の滑らかさに応じて、適切なヤスリを選ぶことが作業の能率に著しい違いを与える。超硬合金の研磨などには、通常のヤスリではなく、硬い鉱物の粉末を固めた砥石を用いる。砥石にも、その形状や鉱物粉末の荒さにさまざまなものがある。

ヤスリを用いる作業で大切なことは、工作物の大きさに見合った万力を用い、工作物を固定して作業することである。一方、ヤスリの表面に作成された小さな刃は、全体として同じ方向に尖った形をしており、通常は刃が工作物にくい込むようにして、ヤスリを押すときに力を加えるとよい。往復運動でヤスリを用いると、刃の摩耗が著しい。この原理は、ノコギリを用いるときも同じである。

手作業でヤスリを用いる代わりに、円形の回転砥石をもち作業台に固定された電動グラインダーも金属加工の現場では重要である。グラインダーの砥石も硬い鉱物の粉末を固めたもので、工作物（旋盤用のバイトなどが、この場合工作物そのものになる）の表面の必要な滑らかさに応じて、砥石の荒さを選ぶ。作業台に設置されたグラインダーを用いる場合は、回転砥石に近接して設置された小さな台に工作物をもたせかけ、両手の指先で工作物にしっかり固定して、研磨する部分をわずかず砥石の回転面にあてがうようにしながら研磨する。工作物が小さい場合は、それを保持する道具を用意する。

電動グラインダーは高速で回転するので、作業中にもし回転砥石が破損すると大事故につながる恐れがあるので、軽率にこれを使用してはならない。電動グラインダーを使用する際に大切なことは、工作物をもたせかける台と回転砥石の間の隙間（ギャップ）の大きさを数 mm 程度にしっかりと固定しておくことである。このギャップが大きいと、工作物（あるいはその破片）が回転砥石と台との間に巻き込まれ、砥石を破損する可能性がある。砥石が摩耗するとこのギャップは増すので、電動グラインダーの管理者は注意が必要である。なお、プラスチックなどの柔らかい物体を電動グラインダーで削ろうとしてはいけない。砥石と台の間に工作物が巻き込まれて、事故を起こす恐れがある。

大きな工作物に対してグラインダー作業を行う必要がある場合は、小さな回転砥石を付けた手持ちの電動グラインダーが便利なおことがある。電動グラインダーを用いるときは、いずれの場合も、目を覆うゴーグルか、少なくとも眼鏡はすべきである。高温の火花とともに、目に見えない金属粒子が飛び散るからである。

### 3.4.3 ロー付・溶接

エレクトロニクスの回路工作や測定機器の伝導線の接続などに半田付け作業を行うことがある。これは 250℃程度になる半田ごてを用い、通常は「半田」を融解して行う作業である。力学的強度を必要とする箇所の金属部品の接続には強度が足りない場合が多く、また半田は接続すべき部品の金属材料とのなじみが良くない場合がある。そこで、金属加工の現場

では、2.2 節で述べた銀ローを用いた「ロー付け」を行うことがある。ロー付けは、通常、ガスバーナーを用いて熱容量の大きい方の部品を加熱し、次に、小さい部品との間に銀ローを融解しつつ流し込む要領で作業を行う。融解した銀ローが工作物の表面と馴染むようにするために、硼砂などの物質をあらかじめ作業部分に塗りつけ、溶媒として用いることが多い。ロー付け作業を行った工作物は、ガスバーナーによる加熱で近くの金属表面が酸化していることが多いので、酸を用いた表面の洗浄と細かいサンドペーパーによる研磨が必要になる。

研究用装置の外装や骨組みなどを製作する際には、鉄鋼材料を溶接する場合がある。これは、半田や銀ローに相当する接続用金属として鉄そのものを溶接棒として用い、工作物と溶接棒の間に大電流を流して工作物と溶接棒を同時に溶解させて接続する方法である。大電流電源を用いる危険性と、高温になる溶接部から発する火花や光による危険性の両方があるので、専門的経験が必要な作業であるが、これによる装置の構造の簡略化も図れるので、価値ある作業方法でもある。

鉄鋼材料の電気溶接と類似の溶接手法として、ステンレス製の真空容器の製作で用いられるアルゴン溶接がある。これは鉄鋼材料の電気溶接と類似の手法であるが、電流で溶接部を加熱する代わりにアルゴンガスを噴出する「トーチ」とステンレスの溶接棒を用いる。トーチの内部にはタングステン電極が組み込まれていて、これに高電圧を加えてアルゴン気体中にプラズマ放電を起こし、溶接棒とステンレス材料を融解させて溶接する。真空装置を設計・製作する場合は、ぜひこの手法を理解しておくといよい。なお、アルゴン溶接は、タングステン (T) を電極として用いて不活性ガス (Inert Gas) を金属材料の保護に用いる TIG 溶接とよばれる溶接手法の一つで、アルミニウム材料の溶接にも用いられる。

その他、研究用としてしばしば用いる溶接法にスポット溶接がある。これは電極間に溶接すべき材料を若干の圧力を加えて挟み、瞬間的に大電流を流して接触部を融解させて溶接する手法で、薄板や線状の金属材料を溶接する場合に有効である。