

### 3. 部品加工

#### (1) 部品加工の概要

#### 機械部品製作方法

機械部品を製作（加工）するには幾つかの加工方法がある  
ここでは以下のように分類する

- 1) 除去加工：素材の一部を除去する（少量生産）  
切削加工、研削加工、放電加工、切断
- 2) 成形加工：形状を変形させる（多量生産）  
塑性加工（鍛造、プレス加工）、  
熔融加工（鋳造、射出成型）、焼結加工
- 3) 接合加工：表面に接合する  
溶接、表面処理  
アーク溶接、ガス溶接、抵抗溶接、  
めっき、PVD、CVD

#### 機械部品製作方法

機械部品を製作（加工）する方法として、  
機械を使って行う方法（機械加工）  
手作業による方法がある

技術が進むにつれて、人手を使わない機械加工、自動加工機  
が多くなってきている

## 機械部品に要求されるもの

### 寸法精度

機械部品の各部の寸法は必ずしも設計値通りではなく、必ず誤差が入る。この誤差（寸法精度）は加工方法により異なる。

機械部品の精度として、形状の精度もある（幾何公差）  
真直度、真円度、平面度、平行度、同軸度など

### 表面粗さ

機械部品の表面には凹凸があり、その凹凸を表面粗さという。表面粗さは加工方法によりにより大きく異なる



機械部品としては寸法誤差がなく表面が滑らかなのが理想ではあるが（品質）、納期やコストを考慮し、最適な加工方法を検討する必要がある。

## 機械部品の寸法精度

機械部品の各部の寸法には必ず誤差が含まれる。この誤差が小さい加工方法ほど寸法精度を高めることができる。

寸法精度は部品の大きさによっても異なるが、

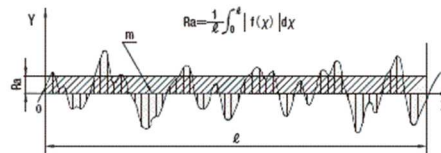
一般精度 約 0.1~0.3 mm  
高精度 約 0.01~0.1 mm  
より高精度 0.01 mm以下

## 機械部品の表面粗さ

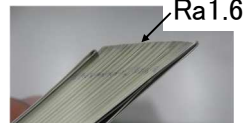
機械部品の表面には凹凸があり、その凹凸を表面粗さという。表面粗さは加工方法によりにより大きく異なる。

表面粗さを表す方法として、基準長さでの山谷の平均的な高さを求めた算術平均あらさ（Ra）が広く用いられる。

Ra25 (▽) 粗い  
Ra6.3 (▽▽)  
Ra1.6 (▽▽▽)  
Ra0.2 (▽▽▽▽) なめらか



目安として、本を45度に曲げたときの端面がRa1.6程度



## 部品製作の手順

機械部品を製作するには以下のような加工工程となる。

### 除去加工の場合

材料切断  
↓  
切削加工  
↓  
手仕上げ  
↓  
熱処理  
↓  
研削加工  
↓  
溶接  
↓  
表面処理  
↓  
検査

### 塑性加工の場合

材料切断  
↓  
鍛造、プレス加工  
↓  
手仕上げ  
↓  
熱処理  
↓  
研削加工  
↓  
溶接  
↓  
表面処理  
↓  
検査

## 部品製作の手順

機械部品を製作するには以下のような加工工程となる。

### 溶融加工の場合

材料溶融  
↓  
鋳造、射出成型  
↓  
切削加工  
↓  
手仕上げ  
↓  
研削加工  
↓  
検査

実際は、部品の形状、加工内容  
によって異なる

多くは、切断→切削→手仕上げ→検査

## (2) 切断、切削加工、研削加工

## 切断

多くの場合、長くて大きな素材（母材）から必要な分を切り出し、その材料に対して加工を施す。

### 素材から材料を切り出す方法

#### 鋸や砥石による切断

帯のこ盤、コンタマシン、精密切断機、  
メタルソー、高速切断機

#### せん断を使った切断

シャーリング

#### その他の切断

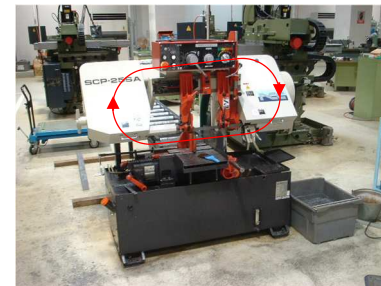
レーザー加工機、プラズマ切断機

## のこによる切断

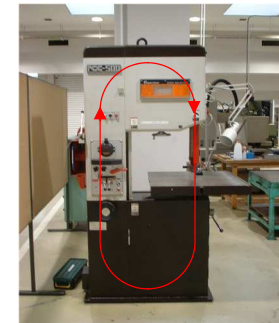
帯のこ盤：比較的大きな棒材（目安として幅200mm程度）

コンタマシン：比較的小さな板材や棒材

寸法精度は2~3mm  
表面粗さ Ra50程度



帯のこ盤



コンタマシン

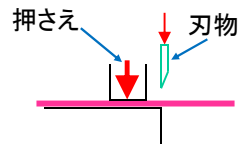
## シャーリングによる切断

板材の切断 おおむね 1000×2000×t10 mm 以下  
(材料や加工機によって異なる)  
直線的な切断

寸法精度 0.5mm 程度  
表面粗さ Ra25 程度 (やや粗い)



シャーリング



## レーザーによる切断

板材の切断 おおむね 1000×2000×t5 mm 以下  
(材料や加工機によって異なる)

数値制御により、任意の形状の切断が可能

寸法精度 0.3mm 程度  
表面粗さ Ra50 程度 (粗い)



レーザー加工機



## 切削加工

金属、プラスチック等の各種材料の一部を工具で除去することにより、工作物を要求の形状、精度に仕上げる加工方法。  
任意の形状の部品を製作することが可能。

寸法精度・・・概ね0.01mm。  
表面粗さ・・・滑らか (Ra1.6程度)

工作物と工具の冷却および切削抵抗の低減のために切削油を  
かけながら切削

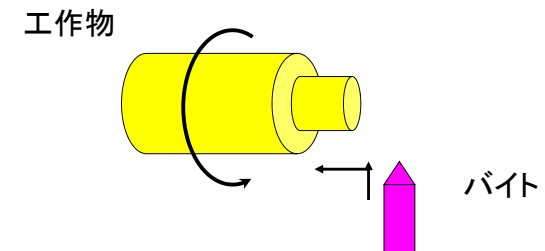
主な工作機械： 旋盤、フライス盤、ボール盤

主な工具： バイト、フライス、エンドミル、ドリル、  
リーマー

## 旋盤

工作物を回転させ、そこにバイトと呼ばれる工具を当てて不要な部分を除去する。

円筒形状の部品の工作に用いる工作機械



## 旋盤の外観



## 加工内容と工具の種類

- 端面削り . . . . . 片刃バイト
- 外周削り . . . . . 直剣バイト、片刃バイト
- 溝削り . . . . . 突切りバイト
- おねじ切り . . . . . ねじ切りバイト
- めねじ切り . . . . . ねじ切りバイト
- 穴あけ . . . . . ドリル
- 中ぐり . . . . . 中ぐりバイト
- ローレット切り . . . . . ローレット

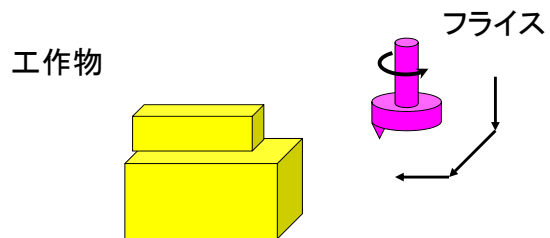


## フライス盤

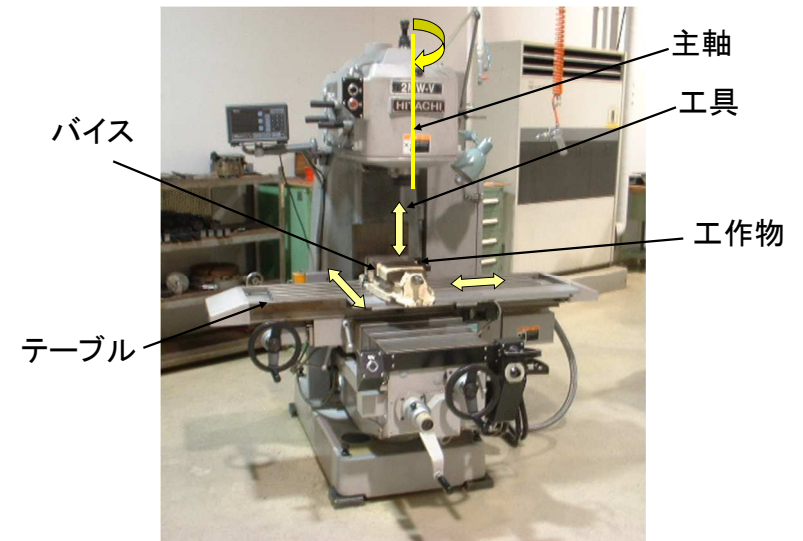
フライスと呼ばれる工具を回転させ、固定された工作物に当てて不要な部分を除去する。

矩形形状の部品の工作に用いる工作機械

刃物の取り付け方向により縦フライス盤と横フライス盤に分けられる。



## 縦フライス盤の外観



## 縦フライス盤の工具の種類と加工内容

正面フライス・・・平面削り  
エンドミル・・・端面削り、穴あけ、溝削り



正面フライス

エンドミル

## NC工作機械

工作物や工具の動き（軌跡）や速度などの数値を制御しながら加工を行う工作機械。

複雑な形状の加工や、プログラムによる自動加工が可能。  
NC旋盤、NCフライス盤、NCワイヤ放電加工機・・・

この制御をコンピュータで行うCNC工作機械が主流。

さらに、工具交換も自動で行うものもある。

マシニングセンタ 工具交換が可能なCNCフライス盤

ターニングセンタ 工具交換が可能なCNC旋盤



中品種中量生産、自動生産に適する

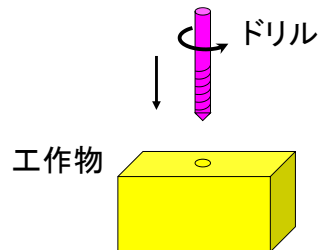
## ボール盤

ドリルと呼ばれる工具を回転させ、固定された工作物に当てて穴あけを行う。

加工内容

ドリル穴あけ加工（ある程度の穴）

リーマ仕上げ（寸法精度の高い穴）



## 卓上ボール盤の外観

直径13mmまでの穴あけが可能

ハンドル

工具

工作物

バイス



## 研削加工

工作物の表面を砥石で除去することにより、工作物を要求の形状、精度に仕上げる加工方法。

硬い材質や焼入れした部品の加工、高精度の加工に適する。

寸法精度・・・概ね0.001mm。

表面粗さ・・・非常に滑らか（Ra0.2程度）

1回の削り量は0.02～0.03mm程度。仕上げは0.005mm程度  
研削加工は熱を出すので、研削液を掛け冷却しながら加工

主な工作機械： 平面研削盤、円筒研削盤、工具研削盤

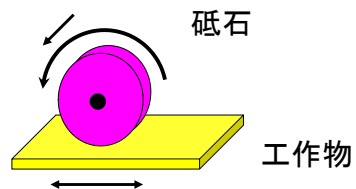
## 研削砥石

と粒・結合剤・気孔の3要素で構成されていて、高速度で回転しながら無数の鋭いと粒の刃先で極めて迅速に被研削物を削り、美しい仕上げ面と正しい寸法に仕上げる

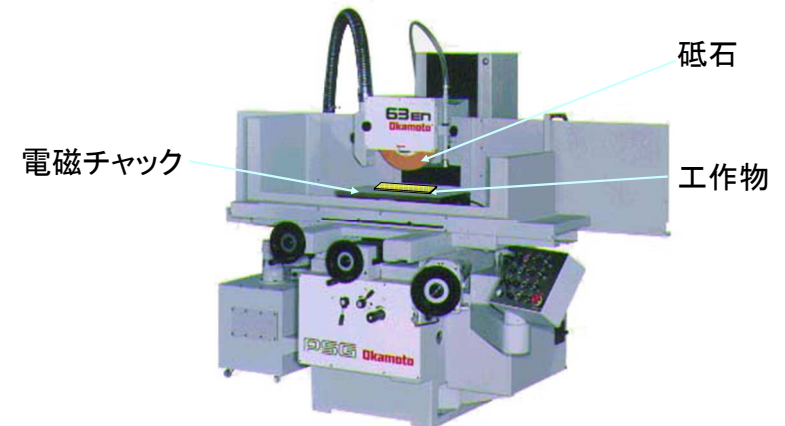


## 平面研削盤

磁気チャック（電磁石）により工作物をテーブルに固定し、砥石を回転させて工作物に当てながら前後に動かし、工作物を左右に動かす。

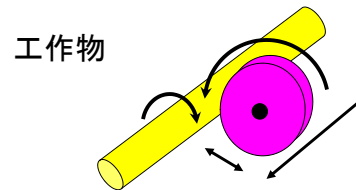


## 平面研削盤の外観

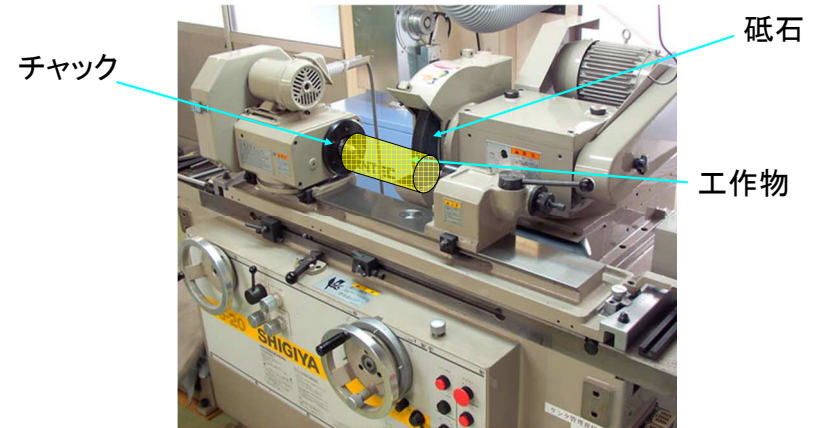


## 円筒研削盤

工作物を回転させながら、回転している砥石を当てて、砥石を左右、前後に移動させる。



## 円筒研削盤の外観



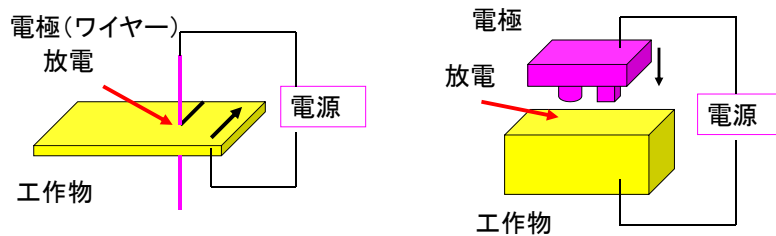
## 放電加工

電極からの電気の放電を使って工作物を除去する加工方法。  
電気を通す材料（金属）の加工に用いる。

### ワイヤーカット放電加工機

（寸法精度は0.02mm程度 表面粗さ Ra50程度）

### 形彫放電加工機



## (3) 成形加工



## 成形加工の概要

型を使って形を作る加工方法

型として・・・金型、砂型・・・

その特徴として

歩留まりが良く、複雑な形状を、短時間で、安価に作る事が可能。精度の良い加工は困難。



大量生産&コストダウン

成形加工として、

母材を溶かし型に流し込んで形を作る方法

鋳造、射出成形（類似として粉末冶金）・・・

素材を型を使って変形させて形を作る方法（塑性加工）

鍛造、プレス加工、転造・・・

## 鋳造

金属を溶融し、型に流し込んで部品を作る方法

部品の材質は主に融点の低い金属

鋳鉄（1150～1200度）

銅合金（黄銅900度）

アルミ合金（580度）

亜鉛合金（390度）など

鋳造法として砂型鋳造法、ダイカスト法、ロストワックス法などがある。

## 砂型鋳造法

特殊な砂（けい砂、粘結剤）と模型を使って砂型（空洞）を作り、そこに溶かした金属を流し込んで部品を作る。

複雑な形状の品物を作ることが可能

小さなものから大きなもの（数グラム～数トン）が可能

寸法精度・・・概ね1mm

表面粗さ・・・粗い（Ra500程度）

量産にはあまり適さない

（切削加工よりは適する）



## 砂型鋳造法の手順

- 1) 製作する部品と同じ形状の模型（木型、樹脂型）を作る。
- 2) 模型を使って砂型を作る。  
中空部を作るときは中子（なかご）を用いる。
- 3) 模型を取り出し、砂型の空間部分に溶融した金属を流し込む。
- 4) 砂型を壊し、金属の部品を取り出す。
- 5) 不要部分の除去。必要に応じて機械加工

## ダイカスト法

融点の低い金属を溶融し、圧力をかけて金型に流し込んで製造する方法

アルミ合金（ADC12、ADC10）、亜鉛合金、マグネシウムなど

寸法精度・・・0.02mm程度

表面粗さ・・・Ra6.3程度

金型が繰り返し使えるので大量生産に向く  
金型の表面粗さと同じ表面粗さ



<http://www.diecasting.or.jp/diecast/index.html>

## 樹脂の射出成形

加熱して軟化したプラスチックを、圧力をかけて金型押し込んで成形する方法

金型で作製するため、大量生産に適する。

寸法精度・・・概ね0.04mm程度（金型精度+樹脂収縮）

表面粗さ・・・滑らか（Ra1.6以下）

金型の表面粗さと同等

## 粉末冶金

金属粉末を金型に入れ、成形機で圧縮成形した後、溶融点以下の温度で加熱焼結して、一定の形の製品をつくる加工技術。

複雑な形状が可能で、大量生産に適している。  
密度が小さく、軽量化が可能だが、機械的強度が劣る。  
材料の歩留りが良い。

寸法精度・・・概ね0.2mm

表面粗さ・・・滑らか（Ra3.2程度）

## 粉末冶金の手順

- 1) 主原料の金属粉末や副原料の粉末を所定の割合で配合し、混合機で均一に混合する。
- 2) 混合された金属粉を成形機にセットされた金型に充填し、上下から圧縮成形する。
- 3) 成形されたものを焼結炉に入れ溶融点以下の温度で加熱し、金属粉同士を結合させます。
- 4) 寸法精度や硬さ、材料強度、自己潤滑性、防錆性、気密性等必要に応じて再圧、機械加工、熱処理等を行う。

## (4) 塑性加工

### 塑性加工の概要

母材に外力を加えて変形させて形を作る加工方法

塑性加工として、

鍛造、金属プレス加工、圧延加工、押し出し加工、転造

材料の歩留まりが良く、短時間での加工が可能なことから、大量生産に適する。

### 鍛造

材料に圧縮荷重を加え、素材の高さ、直径、厚さなどを変形させ、所定の形状に成形する加工方法。

重さ数百トンに及ぶ船舶用や原子力発電機用回転軸から、釘のような1グラム前後の製品まで、様々な大きさの加工。

内部の金属結晶が微細化されるので、強度が増す。

材料の歩留まりが良い。

金型を使って形状を作る方法を型鍛造、ハンマーなどを使って形状を作る方法を自由鍛造

常温で行うものを冷間鍛造、高温で行うものを熱間鍛造

### 熱間鍛造と冷間鍛造

#### 熱間鍛造

素材を高温（再結晶温度以上 炭素鋼の場合約1200度）になるまで加熱し、圧縮する。小さな圧縮力で可能。

大きな部品の鍛造も可能。

精度を高めるためには追加加工が必要

#### 冷間鍛造

素材を常温のまま圧縮する。大きな圧縮力が必要。

寸法精度、表面粗さともに良い（±0.05程度 10S程度）

生産性は良い。

材料によっては割れが生じる

大きな部品は困難。

## 自由鍛造と型鍛造

### 自由鍛造

素材をプレスで圧縮するか、ハンマーでたたいて成形する（鍛冶屋）。

任意の形状を作ることができる。

大型の鍛造に向く。

大量生産には向かない。

### 型鍛造

素材を金型で圧縮、もしくはたたいて成形する。

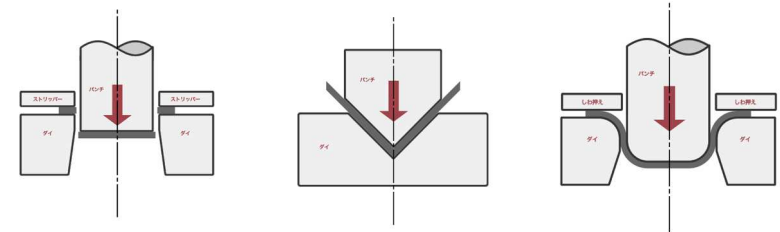
大量生産に向く。

## 金属プレス加工（板金プレス加工）

金型を使って金属の板に圧縮荷重をかけ、せん断、曲げ、絞りなどを行い成形する加工方法。

金型を使って連続加工が可能のため、大量生産に向く。

素材の厚さは概ね4mm以下。



## 圧延

金属の板を2つのローラで挟み込んで薄くする加工

主に製鉄所で行い、所定の形状、所定の寸法出荷される

(5) 溶接

## 溶接

- 融接 母材と溶加材を溶かし、接合する  
ガス溶接 酸素アセチレン溶接  
アーク溶接 被覆アーク溶接、TIG溶接、  
炭酸ガスアーク溶接・・・  
レーザー溶接 YAGレーザー溶接
- 圧接 母材同士を圧力をかけながら加熱して接合する。  
抵抗溶接
- ろう接 母材は溶かさず、溶加材を溶かして接合する  
ろう付け・はんだ付け

## 溶接の種類

- ガス溶接  
可燃ガスと酸素の混合気を燃やし、その熱で金属を加熱溶融して接合する
- アーク溶接  
母材と溶加材（溶接棒、溶接ワイヤなど 電極になる）の間に発生させたアークによって生じる熱で母材および溶加材を溶融させて接合する
- レーザー溶接  
レーザー光線のエネルギーを熱に変換して接合する。電子部品などの微小な溶接や精密な溶接に適している。
- 抵抗溶接  
溶接したい母体に電流を流し熱を発生させ、その母体を溶解させると同時に加圧することによって接合する。薄い金属板の接合に良く用いられる。

## (5) 手仕上げ、測定

## けがき

加工する材料に線を引く作業。  
細い線傷をつけて線を引く。

- |         |               |
|---------|---------------|
| けがき定盤   | けがき作業を行なう     |
| けがき針    | けがき線を引く       |
| スケール    | 寸法を測定する       |
| トースカン   | 水平線をひく        |
| ハイトゲージ  | 水平線をひく        |
| スコヤ     | 直角の線をひく       |
| Vブロック   | 円筒形状の材料を固定    |
| 枡形ブロック  | 材料（板）を垂直に立てる  |
| センターポンチ | 穴あけ場所にくぼみをつける |



けがき線

## 手仕上げ、ねじ切、測定

弓のこ	金属材料の切断
万力	材料の固定
鉄工やすり	バリ、カエリの除去
タップ	タップハンドルを使ってめねじを切る
ダイス	ダイスハンドルを使っておねじを切る
ノギス	被測定物の長さ、厚さ、内径、外形の測定 最小目盛0.01mmでパーニアを使って読み取る
マイクロメータ	被測定物の厚さを測定 最小目盛0.01mm
ダイヤルゲージ	被測定物の高さや振れを測定 最小目盛0.01mm

## (6) 熱処理

### 材料の熱処理

材料加熱し冷却すると、その条件により性質が変化する

#### 鉄鋼材料の熱処理

- 焼きならし 加熱後、空気中でじわじわ冷やす。
- 焼きなまし 加熱炉で加熱後、ゆっくり冷やす。500～800度
- 焼き入れ 加熱炉で800～1100度まで加熱した後、水や油に入れて一気に冷やす。硬くなる（もろくなる）。
- 焼き戻し 焼き入れ後に再加熱し、靱性を高める。  
450度以上、高温焼き戻し。  
350度以下、低温焼き戻し。

### 焼入れ

鋼を変態点（体心立方格子→面心立方格子）以上まで加熱後、水や油などに入れて急冷することによって硬くなる現象。  
常温の水や、60～80度の油が多い。  
アルミ合金、銅合金の中にも焼入れ可能なものがある。

鋼の変態点は911度

加熱温度、冷却時間、冷却温度などにより硬さが変わる。

焼入れ変形、焼き割れ、残留応力などの問題が生じる。

靱性が下がり、脆くなる。

## 焼戻し

焼入れで脆くなった材料の靱性を高める。

450度以上、高温焼き戻し。

350度以下、低温焼き戻し。

焼入れ・焼戻しを組合せて「調質」と呼ぶ。

## 焼きなまし

再結晶温度（均一に並んだ金属結晶が大きくなる温度）以上、変態点以下で加熱し、徐冷する。金属内部が均一化される。

鋼の再結晶温度は350～450度。

徐冷はおおむね、30度/時間

加熱温度により完全焼鈍し、応力除去焼鈍しなどがある。

## (7) 表面処理

### 表面処理の種類

#### 主な表面処理

めっき

電気めっき

溶融めっき

無電解めっき

塗装

#### 鋼の表面硬化処理

高周波焼入れ

浸炭

窒化

ショットピーニング

## めっきの目的・方法

### めっきの目的

防錆、装飾、硬化、耐摩耗性が目的

### めっきの方法

#### 電気めっき

金属溶液中に素材を入れ、電圧をかけて溶液中の金属を付着させる

#### 無電解めっき

電気を使わず、溶液中に浸して金属を付着させる

#### 溶融めっき

溶かした金属の液体中に浸して金属を付着させる

## めっきの種類

### 亜鉛めっき

亜鉛のめっき。防錆、低価格。薄金色

### ユニクロめっき

亜鉛めっき後、三価クロムで処理。防錆、低価格。青銀

### ニッケルめっき

銅めっき後、ニッケルでめっき。外観良好

### 無電解ニッケルめっき

電気を使わないニッケルめっき。ニッケルめっきより高価  
電気を通さない樹脂等にも可能

## めっきの種類

### クロムめっき

ニッケルめっき後、クロムでめっき。外観良好。  
硬度が高く、耐摩耗性が良い。

### 黒染め

防錆。耐食性はあまりよくない。簡単、安価。

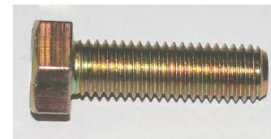
### アルマイト

アルミの表面処理。

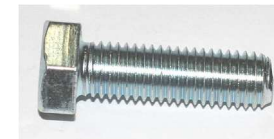
### その他

金メッキ、銀メッキ、銅めっき、溶融亜鉛めっき

## 主なめっきの外観



亜鉛めっき



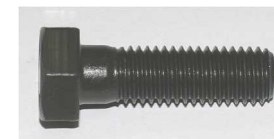
ユニクロ



ニッケル



クロム



黒染め



黒色クロメート