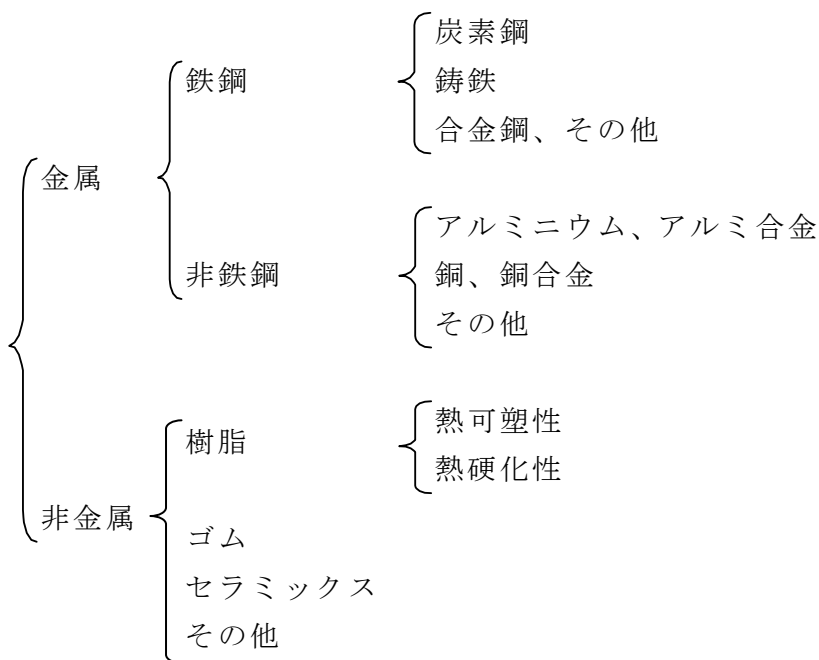


1. 機械材料

1.1 材料の分類

機械は様々な材料で作られた部品で構成されている。機械材料を材質によって以下のように分類することができる。



これらの中から、各材料の機械的性質、コストなどを考慮し、最適なものを選定する。材料の機械的な性質として、強度（破断しにくさ）、剛性（変形しやすさ）、硬さ（傷のつきにくさ）、じん性（粘り強さ、もろさ）などがある。

1.2 機械部品の作成

各種材料から機械部品が作られる。これらの部品の形を作る方法として以下のものがある

成形加工：鋳造、塑性加工（鍛造、プレスなど）、射出成型など

素材を溶かし、型に流し込んで形をつくる。母材に力を加えて変形させる。

融点が高いと材料を溶かすのに多くのエネルギーが必要になる

硬い材料は、力を加えた時に、亀裂やひびが入ったり折れたりする

接合：溶接、接合など

材料によっては溶け合わせた時にひびが入ったりする

除去加工：切断、切削、研削など、

母材から工具や砥石などを使って不要な部分を除去する

硬い材料は除去加工が困難。また、刃物の摩耗も早い

柔らかい材料は、切ったときの切りくずが刃にまとわりついたりする

それぞれの材料の特性に合わせて、最適な方法（加工の可不可、コスト、精度、時間など）で形を作る。

2. 材料試験

2.1 機械的性質

機械部品で使われる材料には強度、剛性、じん性（延性、脆性）、硬さ、耐摩耗性、耐熱性、耐食性、加工性など様々な性質がある。特に、強度と硬さは機械材料を選定するうえで重要な評価項目となる。

材料の強度を調べるには、材料の大きさの影響を受けないようにするため、材料にかかる荷重の代わりに応力を用いる。同様に、変形を度合いを調べるには伸びの代わりにひずみを用いる。

応力：単位面積あたりの力 $\sigma = F/S$ [Pa]、[N/m²]、[kgf/mm²]

ひずみ：単位長さあたりの伸び $\epsilon = \Delta L/L$ ひずみの単位はない（無次元数）

2.2 材料試験

材料の様々な機械的性質を知るものが材料試験である。機械的性質として、強度、伸び、絞り、硬さ、靱性などがあり、それらを検査するための材料試験として、引張試験、硬さ試験、衝撃試験、疲労試験などがある。

1) 引張試験

機械部品には、力がかかっても容易に破壊したり変形しないことが求められる。材料の強度を調べる試験として引張試験がある。これは材料にゆっくりと引張荷重をかけた時の伸びを測定し、そこから応力とひずみを求めて、この二つの関係を調べる試験である。応力とひずみの関係を図で示したものを応力-ひずみ曲線といい、この図から材料の様々な特性を知ることができる。

応力とひずみの関係を知ることができる（脆性材料、延性材料）

弾性変形の範囲を知ることができる（比例限、弾性限、降伏応力、耐力）

変形のしやすさ（縦弾性係数）を知ることができる

弾性変形領域、塑性変形領域を知ることができる。

設計上の強度の限界の応力（引張強さ）を知ることができる

引張試験で引張強さを求め、材料（機械部品）に引張強さ以上の応力がかかると破断するものと考えて設計を行う。

、



（応力-ひずみ曲線）



（軟鋼の応力-ひずみ曲線）

a. 比例限度

材料に引張荷重をかけると、あるところまで応力とひずみは比例する。比例する限度点を比例限度といい、応力が比例限度を超えると、ひずみの増加割合は大きくなる。比例限以下では応力とひずみは比例し（フックの法則）、その比例定数を縦弾性係数（ヤング率）という。

$$\sigma = E \varepsilon \quad E: \text{縦弾性係数 (材質で決まる比例定数)}$$

b. 弾性限度

材料に引張荷重を加えると材料は伸び、除去するともとの寸法に戻る性質を弾性といい、その時の変形を弾性変形、弾性変形を起こす限界の応力を弾性限度という。荷重が弾性限度を超えると荷重を取り除いても変形が残り、元の寸法には戻らない。この変形を塑性変形という。

c. 降伏点

応力が弾性限度を超え、ひずみが急激に増大する点。軟鋼などにみられる性質で、一般の材料や高炭素鋼などでは降伏点は現れない。

d. 耐力

降伏点がない材料で降伏点の代わりに使われるもので、0.2%の永久ひずみが残る応力を耐力という。設計などで用いる。

e. 引張強さ

ひずみの増加に対して、応力はある点まで増加してその後は減少する。このときの最大応力のことを引張強さという。

2) 硬さ試験

硬さ試験は、傷のつきにくさ（塑性変形のしにくさ）を調べる試験である。金属の硬さ試験では、圧子を一定荷重で材料に押し付け、その時に生じる圧痕（塑性変形量）で硬さを評価する。

a. ブリネル硬さ

球圧子を 500～3000kgf の決められた試験荷重で試験片面に押し付けたときに生じるくぼみの表面積（直径）から硬さを求める。球径 10mm の圧子を使うことが多く、不均一な材料で広い範囲での平均的な硬さを求めるのに適している。

b. ロックウェル硬さ

ダイヤモンド四角錐圧子や球圧子を 50～150kgf の決められた試験荷重で試験片面に押し付けたときに生じるくぼみの深さから硬さを求める。異なる荷重で深さを 2 度測定し、その深さの差から硬さを求める。2 回測定することから、表面状態や接触状態などの影響を受けにくい。圧子の種類やかける荷重によって幾つかのスケールに分けられる。

c. ビッカース硬さ

ダイヤモンド四角錐圧子を 1gf～20kgf の決められた試験荷重で試験片面に押し付けたときに生じるくぼみの対角線の長さから硬さを求める。

小さな圧子と小さな荷重で測定する(圧痕も小さくなる)マイクロビッカース硬さもある。

d. ショア硬さ

ハンマーをある一定の高さから落とし、その跳ね返りの高さから硬さを求める。ゴムなどの硬さの評価で使われる。

金属材料の硬さ試験ではロックウェル硬さ (C スケール) やビッカース硬さがよくつかわれる。

3) 衝撃試験

衝撃試験は、瞬間的に大きな力をかけたときの壊れやすさを調べる試験である。

持ち上げたハンマを一気に振り下ろし、反動で持ち上がった位置によって破断に要したエネルギーを測定する。

シャルピー衝撃試験機、アイゾット衝撃試験機 (切り欠きの向きが異なる)

4) 疲労試験

疲労試験は、小さな力を繰り返しかけたときの壊れやすさを調べる試験である。

疲労破壊に至る荷重を調べるための試験。破断に至らない荷重を繰り返して作用させ、かけた荷重の大きさと破断に至る回数を調べる。疲労破壊しない荷重が疲労限。

掛ける荷重として、引張荷重、曲げ荷重 (試験)、ねじり荷重、回転曲げ荷重 (試験)
片振り・両振り

* 非破壊検査

材料表面の割れや傷、内部の欠陥を、材料を破壊する事無く検査・探傷することを非破壊検査という

a. 浸透探傷

表面に浸透液を塗ってふき取り、現像液で浸透箇所を確認

b. 磁粉探傷

材料を磁化させ、微細鉄粉をふりかけて、欠陥を探す。鋼材など強磁性材料の表面および表面化 20mm 程度まで検出できる

c. 超音波探傷

金属材料の一端から超音波を入射し、反対端部と欠陥からの反射波をとらえる。材料の大きさに関係なく検査できるが、欠陥部の形状や大きさはわかりにくい

d. 放射線透過検査

X 線, γ 線により金属材料を透過, 放射線透過写真フィルムの感光度より, 欠陥形状・大きさを検出

e. 打診法

亀裂・割れ・巣などがあると打撃音がにごることを利用し、欠陥位置・状態を判断。槌で軽く叩き、材料の振動を指で感知する為、熟練を要する

3. 金属材料の資質

3.1 金属の結晶構造

固体は、それを構成する原子が規則正しく並んでいる。原子配列の主なものとして三斜晶系、単斜晶系、斜方晶系、六方晶系、三方晶系、正方晶系、立方晶系の 7 種がある。その中で金属の結晶配列として、立方晶系の中の体心立方格子、面心立方格子、そして立方晶系の六方最密格子(稠密六方格子)がある。

一つの物体において、すべて同じ配列の結晶構造の物を単結晶といい、いくつかの結晶の領域に別れているものを多結晶という。

同じ原子であっても、結晶構造によって木炭とダイヤモンドのように別の物質とみなされるものがある。

3.2 金属材料の熱処理

金属材料を加熱した後に冷却すると、冷却の仕方によってその材料の結晶構造が異なり、その違いによって機械的特性が変化する。このことを熱処理という
熱処理として、焼入れ・焼戻し、焼きなまし、焼きならしがある。

焼入れ:材料を加熱したのち急冷することにより(鋼の場合 700℃以上→500℃以下)、材料が硬くなる。逆に脆くなる(折れやすくなる)

焼戻し:焼入れ後に行う熱処理で、再度加熱し(鋼の場合 100~700℃)、冷却(空冷)することにより、材料が粘り強くなる(折れにくくなる)が、多少軟らかくなる。

焼きなまし:材料が均一になる、内部の力(応力)がなくなる

焼きならし:材料が原料と同じ状態になる

3.3 金属材料の表面処理

3.3.1 表面硬化

鉄鋼材料の表面を硬化させる方法として、高周波焼き入れ、浸炭、窒化等がある。

高周波焼き入れ:コイルによる電磁誘導により表面のみを加熱し、油や水で焼き入れする

浸炭 :表層部に炭素を拡散浸透させて表面を硬化させる。硬化層は 1mm 以上。

窒化 :表層部に窒素を拡散浸透させて表面を硬化させる。処理温度が低いため製品のひずみが少なくなる。硬く耐摩耗性がある。硬化層は 0.1mm 程度。

3.3.2 メッキ

防錆、表面硬化、耐摩耗性、装飾が目的。めっきの方法として、電気メッキ、無電解めっき、熔融めっきがある。

めっきの種類として、

4. 鉄鋼材料

4.1 鉄鋼材料の精錬

鉄鋼材料は鉄鉱石（酸化鉄＋不純物）をコークス（石炭を蒸し焼きにして硫黄、コールタールなどの不純物を取り除いたもの 炭素）で加熱して作られる。コークスを使って鉄を取り出すので、取り出された鉄には炭素が残っている。

鉄鉱石＋コークス＋石灰石→（高炉（溶鉱炉）、電気炉）→銑鉄＋スラグ（残物質）

銑鉄は、鉄に含まれる炭素量が多い（1.7%以上、おおよそ 4～5%）。そのため、もろく、融点は低い（約 1200 度）。また、不純物も多少残っている。

銑鉄→（電気炉＋O₂ 酸素）→鋼＋CO₂＋不純物

鋼（炭素鋼）は炭素量を約 0.02～2.14%程度に低くしたもの。強い。融点は高い。

ここで製造された鋼は鉄のほかにもいくつかの物質が混じり合っている。複数の物質が均一に混じりあっているものを固溶体といい、炭素鋼は鉄と主に炭素が混じり合った固溶体である。炭素のほかにも Si、Mn、S、P などが混じり合っている。それぞれの元素は以下のような影響を及ぼす

4.2 鉄鋼材料の種類

鉄と炭素の合金（鉄鋼材料）は、その炭素量によって以下のように分けられる。

炭素量	<0.002%	<2.14%	<6.67%
	純鉄	炭素鋼	鋳鉄

鉄鋼材料は鉄と炭素が交じり合った合金で、その炭素量によって性質が異なる。

炭素量	少ない	多い
強度	弱い	強い
硬さ	軟らかい	硬い
溶接性	良い（可能）	悪い（困難）
焼入れ性	不可	可
融点	高い（約 1500℃）	低い（約 1200℃）
耐食性	悪い（さびやすい）	やや悪い（多少錆びる）

a) 純鉄 鉄（炭素 0.02%以下）

鉄に含まれる炭素を極力減らしたもの。強度が低く、軟らかい。融点は約 1530 度。純鉄は機械材料としてはほとんど使われず、電気材料として使われる。

常温では鉄原子の配列が体心立方格子（α 鉄）、温度が上がると面心立方格子（γ 鉄）、さらに温度が上がると体心立方格子（δ 鉄）になる。常温では α 鉄と炭素が混じりあっており（α 固溶体、炭素量 0.02%未満）、この α 鉄をフェライトという。

b) 炭素鋼 鉄と炭素（0.02%以上 2.14%未満）

鉄に含まれる炭素量が 0.02～2.14%のもの。機械材料とし最も多く使われる。

常温では 0.02%未満の炭素を固溶したフェライト (α 固溶体、 α 鉄+炭素 (0.02%未満)) と、セメンタイト (炭素量 6.67%) が混在している。温度が上がるとフェライトとセメンタイトは炭素を固溶したオーステナイト (γ 固溶体、 γ 鉄+炭素 (2.14%未満)) になる。

*セメンタイトの結晶構造は斜方晶で、金属ではなくセラミックスの一種である。炭素量は 6.67%までで、その特徴として、とても硬くてもろい。Fe₃C

炭素鋼は、高温では鉄原子と炭素が混ざっているオーステナイトになり、温度が下がると炭素をほとんど含まないフェライト (α 鉄) と、鉄と炭素が結びついたセメンタイトになる。炭素量が 0.77%C 未満の場合、先にフェライトが析出され、その周囲は炭素量が多くなり、セメンタイトが析出される。逆に炭素量が 0.77%C より多い場合、先にセメンタイトが析出され、その周囲は炭素量が少なくなり、フェライトが析出される。実際はフェライトの結晶もしくはセメンタイトの結晶と、フェライトとセメンタイトが層状になった結晶が現れる。この層状の結晶をパーライトという。

オーステナイトを冷却すると

炭素量 0.77%ではパーライトが現れる。これを共析鋼という

炭素量 0.77%未満ではフェライトとパーライトが現れる。これを亜共析鋼という

炭素量 0.77%以上ではセメンタイトとパーライトが現れる。これを過共析鋼という

炭素量が 2.14%では、全てセメンタイトになる。

炭素鋼を性質で分類することもある

低炭素鋼 炭素量 0.02~0.25% 軟らかく、強度はあまり高くない。切削性よい、塑性加工が可能、冷間圧延性が良好。溶接可能、焼入れ不可能。構造用や焼入れをしない機械部品

中炭素鋼 炭素量 0.25~0.6% 硬く、高強度。溶接は困難、焼入れ可能。一般機械部品。

高炭素鋼 炭素量 0.6~2.14% 硬くてもろい。工具鋼に分類され、工具や金型などで使われる。

c) 鋳鉄 鉄と炭素 (2.14~6.67%)

鉄に含まれる炭素量が 2.14%以上のもの。融点が約 1200°Cと低く、鋳造で使われる。硬くてもろい。液体の状態から冷却すると、フェライトとセメンタイトが析出される。このような鋳鉄を白鋳鉄といい、もろいためあまり使われない。実際に使われている鋳鉄は、意図的に炭素をグラファイト (黒鉛、100%C) として析出させ、これによりもろさが改善される。析出するグラファイトの量や形状、また高温からの冷却速度によって性質が変化する。

片状黒鉛鋳鉄 (ねずみ鋳鉄) 一般的な鋳鉄 (ねずみ色)。グラファイトの形状が先端が鋭利な片状となって析出される。

球状黒鉛鋳鉄 (ダクタイル鋳鉄) グラファイトの形状を球状にすることにより、強度が上がる。

d) 合金鋼（特殊鋼） 鋼（鉄＋炭素）とその他の金属

合金鋼は炭素鋼に他の元素を添加したもので、機械的性質が改善される。特殊鋼ともいわれる。合金元素として、マンガン、クロムなどがある。

マンガン Mn : 粘さを損なわず、強さと硬さを増す。

クロム Cr : 磨耗に強くなる。錆びにくくなる。

モリブデン Mo : 粘さが増す。高温下での強さ・硬さが増す。

ニッケル Ni : 粘さと強さが増し、熱にも強くなる。

Cr と併用で錆びにくくなる。

バナジウム V : 強さと硬さを増し、磨耗しにくくする。

タングステン W : Mo 同様の作用がある。

{	コバルト Co : Ni と似た作用がある。
	銅 Cu : 錆びにくくなる。
	ボロン B : ごく少量で硬さを増す。
	チタン Ti : 表面の硬さを増し、錆にも強くする。

4.3 鉄鋼材料の熱処理

炭素量の多い鋼では、材料に熱処理をすると硬さや強さが改善される。

焼き入れ A1 変態点以上（800～1100℃）まで加熱後、水や油に入れて一気に冷やす。これにより硬さを増すことができる。一方、もろくなる。

焼き戻し 焼き入れ後、再度 A1 変態点以下まで加熱し冷却する。これにより、硬さは低下するが、韌性は高まる。再加熱温度が 450 度以上は高温焼き戻し、350 度以下は低温焼き戻しという。

焼きならし オーステナイトになるまで加熱後（A3 線、Acm 線以上）、空气中でゆっくり冷却する。これにより、内部組織が均一化し、引張強さ、降伏応力などの機械的性質が向上する

焼きなまし 500～800 度まで加熱後、炉の中で徐冷する。加熱温度によって、応力除去焼きなまし、球状化焼きなまし、完全焼きなましなどがある。

5. 炭素鋼

5.1 一般構造用炭素鋼（SS***、SS 材 数値は引張り強さ）

強度（引張強さ）だけで分類。炭素量を規定しない。一般的に低炭素鋼（0.15～0.2%C）。鋼板、平鋼、棒鋼、形鋼にした一般的な安価な鉄鋼。ただの「鉄」。

炭素量が少ないので、軟らかい、加工性良好、溶接性良い、錆びやすい、焼入れ不可。橋や鉄骨などの一般構造物、一般機械部品などで使われる。

SS400、SGD400（SS400 相当の丸棒）

*以前は歩留まりが良い（品質の悪い）リムド鋼で作られていたが、今は連続鋳造で生産されるため、品質の良いキルド鋼と同等。

5.2 機械構造用炭素鋼（S**C、SC 材 数値は炭素量）

炭素量によって分類。S10C～S58C。炭素量の違いで性質が異なり、低炭素鋼はねじや座

金など、中炭素鋼以上は一般的な機械部品で使われる。

S45C（棒材）、**S50C**（板材、ブロック材）、**S55C**

5.3 機械構造用合金鋼（S##***）

炭素鋼に別の合金元素を添加して機械的性質（硬さ、強さ、じん性、焼入れ性など）を向上させた材料。添加する物質として、クロム、マンガン、モリブデン、ニッケルなどで、クロム鋼、マンガン鋼、クロムモリブデン鋼、ニッケルクロムモリブデン鋼などがある。3桁の数値で表し、末2桁は炭素量。添加合金が少ないほうが安価。

SCM435、**SCM440**（クロムモリブデン鋼） 安価で強度が強い

SCr***（クロム鋼）、**SMn*****（マンガン鋼）、**SNC*****（ニッケルクロム鋼）、

SNCM***（ニッケルクロムモリブデン鋼）

5.4 炭素工具鋼鋼材（SK** 数値は炭素量）

炭素量 0.6～1.5%C の炭素鋼。炭素量 1.5%C 以上は引張強さは低下する（約 1.4%C 程度がピーク）。炭素量によって **SK60**～**SK140**。焼入れ硬度が高いので硬く、耐摩耗性に優れる。熱による硬化軟化が起こりやすい。刃物、ドリル、プレス型、治工具などで使用。

SK105（旧 **SK3**）

5.5 高速度工具鋼鋼材（ハイス）（SKH**）

工具鋼にタングステン、クロム、モリブデン、バナジウムなどの合金元素を比較的多量に添加し、耐摩耗性と高靱性を兼ね備えた。切削工具、ドリル、プレス型、治工具などで使われる。

SKH51、**SKH55**

5.6 合金工具鋼鋼材（SK\$***）

炭素工具鋼にタングステン、クロム、モリブデン、バナジウムなどを添加。耐摩耗性、耐衝撃性、耐熱性、焼入れによる耐変形量、などが向上。切削工具用、耐衝撃工具用、冷間金型用、熱間金型用がある。切削工具、耐衝撃工具（たがね、ポンチなど）、ゲージ、金型、ガイドレールなどで使われる。

SKS2、**SKS3**、**SKS4**、**SKD11**、**SKD61**

5.7 冷間圧延鋼板（SPC*、SPC材）

一般的な冷間圧延の鋼板。厚さの精度は比較的良い。表面がきれい。炭素量は 0.15%C 以下と少なく、溶接性が良い。切断、曲げ、絞り加工性良好。鋼製家具、弱電、自動車などのカバー、ケースなどで使われる。

SPCC（一般用）、**SPCD**（絞り加工用）、**SPCE**（深絞り加工用）

5.8 熱間圧延鋼板（SPH*）

一般的な熱間圧延の鋼板。厚さの精度は比較的良い。熱間なので表面が黒皮。ただの「鉄板」。

SPHC（一般用）

5.9 電気亜鉛メッキ鋼板（SEC*）

さびにやや強い一般的な鋼板。SPC*に電気亜鉛メッキを施したもの。水分の少ないところで、そのまま使用される。家電製品や屋内用電気機器内部の板で使われる。

SECC（ボンデ鋼（商品名））

5.10 溶接構造用高張力鋼材（SM***）

一般構造用鋼材よりも強度を向上させた鋼材（引張り強さ 50kgf/mm²以上）。マンガンやシリコン等の元素を添加。軽量化が可能。橋梁、ガスタンク、石油タンク、自動車のボディなどで使われる。

5.11 特殊鋼、合金鋼

5.11.1 ステンレス鋼 SUS クロムを 10.5%以上含む特殊鋼

表面に透明の酸化皮膜ができるため、さびにくい（さびない）。削ること（切削加工）がやや困難である。

a) マルテンサイト系

13%クロム鋼が代表的。磁性有り。焼入で硬化させることができる。刃物用。耐磨耗性に優れている。溶接に適しない。耐食性は比較的良い（小さな錆が生じる程度）。用途として、一般機械部品、軸受、ゲージ、ポンプ、タービン翼、刃物類など

SUS410（13クロム）、SUS416（快削）、SUS420、SUS440 など

b) フェライト系

18クロム鋼がその代表的。磁性有り。安価（炭素用よりやや高価）で、耐食性は比較的良い（さびにくいという程度）。用途として、一般家庭用器具、建築内装材料、厨房器具など。

SUS430（18クロム）

c) オーステナイト系

18%クロム 8%ニッケル鋼がその代表的。非磁性で種類が多い。耐食性に優れ、錆がほとんどない。溶接性に優れている。加工しにくい。一般的に広く使われ、機械部品、半導体装置、化学工業設備、建築材料、シャフトなど

SUS304 18%Cr - 8%Ni

ステンレスの定番。切削性が良くない。

SUS303 18%Cr - 8%Ni + リン（P）、硫黄（S）

SUS304に成分添加より切削性を向上。耐食性はSUS304より劣る。

SUS316 18%Cr - 10~12%Ni

耐食性の良いステンレス鋼。ニッケルの量を増やし（約12%）、耐食性のよいMoを添加したもの。海水をはじめ各種媒質に優れた耐食性がある。用途として、化学薬品用、各種化学工業、船舶電気関係など

5.11.2 軸受鋼 SUJ

ベアリング鋼。切削性、焼入れ性、耐久性、耐摩耗性に優れている。用途として、軸受、ローラ、ゲージ、ガイドレールなど

5.11.3 ばね鋼 SUP (SUP3~SUP11)

引張強さが高く、じん性にすぐれている。特に疲労強さが大きい。用途として、板ばね、コイルばね、トーションバーなど

5.11.4 耐熱鋼 SUH (SUH1、SUH3、SUH5・・・)

高温での強度や耐酸化性に優れる。用途としてエンジンバルブ、タービンプレードなど

5.11.5 快削鋼 (SUM)

快削性元素 (S、Pb など) を添加したもの。快削が目的で機械的性質は保証されていない。用途として、ボルト、ナット、一般機械部品など

5.12 高張力鋼

規格化されていないが、概ね引張強さが 500MPa 以上を高張力鋼という。ハイテンション鋼 (ハイテン鋼) ともいわれる。各社独自で開発しており、1000MPa 以上のものもある。自動車の鋼板などで使われる。

5.13 その他

その他の炭素鋼として、溶接構造用圧延鋼 (SM 材) などがある。

6. 鋳鉄、鋳鋼

鋳鉄とは、炭素を 2.1%以上含み、炭素が黒鉛として析出した鉄の合金。炭素を含むことで融点が下がり、純鉄の融点が 1530℃に対して、鋳鉄の融点は 1200℃程度になる。そのため、鋳鉄は溶かした状態で型 (砂型) に流し込んで形作ることができる (鋳造)。

鋳鉄には、炭素の他にケイ素 (Si)、マンガン (Mn)、リン (P)、硫黄 (S) が含まれており、これらの添加成分の比率によって特性が変わる。ケイ素を添加することによって炭素が黒鉛として析出する。黒鉛が析出することにより、強度を増すことができ、黒鉛がなければ硬くてもろいセメンタイトが多くなる (白鋳鉄)。

鋳鉄の機械的性質として、

- ①C、Si の含有量が低いほど、引張強さは大きく硬い
- ②黒鉛が減摩剤として作用し、組織のすき間に潤滑油がたまるので、耐摩耗性に優れる
- ③伸び・衝撃値は小さい
- ④振動を吸収する減衰能に優れ、工作機械の本体に使われる

片状黒鉛鋳鉄 (ねずみ鋳鉄) (FC*** 数値は引張強さ)

含有炭素の大部分が片状黒鉛として有する鑄鉄。鑄造性、切削性、耐摩耗性。振動吸収性（減衰性）、耐食性など機械的特性に優れる。安価なので一般機械用材料に使用されている。用途として、鑄物、工作機械ベット、ピストンリング、歯車など

FC200、FC250、FC300

球状黒鉛鑄鉄 FCD〇〇（FCD400、FCD450、FCD500 数値は引張強さ）

含有炭素の大部分が球状黒鉛として有する鑄鉄。組織配列が均一になっているため、強度が高く、衝撃に強い。めっきもがかりやすい。用途として、鑄物、自動車部品、軸受など

7. 鋼の状態図

鉄と炭素の混合物が、その割合および温度に対してどのような状態なのかを表した図。鉄、炭素の状態として以下のものがある。

フェライト : 炭素をほとんど含まない (0.02%C 以下) 軟らかい α 鉄
セメンタイト : 炭素を含んだ鉄 (Max6.7%C) 非常に硬い セラミックス
パーライト : フェライトとセメンタイトが層状になったもの
オーステナイト : 高温状態で鉄と炭素がまじりあったもの。Max2.14%C γ 鉄
マルテンサイト : 体心立方格子の鉄に炭素が過剰に入ったもの。もっとも硬い

*マルテンサイトについて

面心立方格子のオーステナイトに炭素が侵入し、急冷して体心に戻る際、炭素が抜けきらず、内部に炭素が過剰に残った状態で体心立方格子になった構造。焼入れした炭素鋼の結晶構造。鉄鋼材料の中で最も硬い。

常温での炭素鋼の結晶構造

炭素量 <0.77%C フェライト+パーライト
=0.77%C パーライト
>0.77%C セメンタイト+パーライト

変態点

鋼の温度を変化させた時、結晶構造や磁気的な性質などが変わることを変態といい、このときの温度を変態点という。

A1 変態点 パーライト（フェライト、セメンタイト）からオーステナイトに変化する点（もしくは、この反対）
A3 変態点 亜共析鋼で、フェライトがオーステナイトに変化する点（もしくは、この反対）
Acm 変態点 過共析鋼で、セメンタイトがオーステナイトに変化する点（もしくは、この反対）

焼入れを行う場合、A3 変態点以上、もしくは Acm 変態点以上まで加熱してオーステナイ