

50010

教科書文庫

5
536
46-1947
20000 21574

524
1947

531
Ji20
資料室

機械材料

実業教科書株式会社
行



531
Ji20

資 料 室

昭和28年11月20日
文 部 省 檢 定 済
高等学校実業科用

Approved by Ministry of Education
(November 6 1947)

機 械 材 料

廣島
工業
専門学校
凡例

1. 本書は新制高等学校機械科用として編修したものである。
2. 本書を執筆された方は
東京工業専門学校教授 六崎賢亮氏 である。

本書においては漢字は原則として当用漢字を用い、専門語で当用漢字にないものは、初出の際かな書きにして漢字を添え、以後はかな書きを用いることにした。



目次

序 言	1
第 1. 非金属材料	2
1. セメントおよびコンクリート	2
2. れんがおよび耐火材・保温材	3
3. 木 材	6
4. ガラス・合成樹脂・ゴム類	8
5. ベルト・ロープおよびファイバー	12
6. 研磨材料	13
7. 潤滑剤および切削油	15
8. 燃 料	18
9. 防しよく(防蝕)塗料	23
第 2. 金属材料の概説	27
1. <u>金属の結晶組織と強さ</u>	27
2. 合金の組織と性質	33
3. <u>材料の強さと設計</u>	39
第 3. 非鉄金属材料	44
1. 諸金属の特性	44
2. <u>軽合金</u>	47
3. 銅および銅合金	56
4. 白色合金	68
5. 特殊目的用材料	73
第 4. <u>鉄と鋼</u>	74
1. <u>製造法と分類</u>	74
2. <u>炭素鋼</u>	81
3. 特殊鋼	95
4. 鑄鉄および特殊鑄鉄	106
結 言	116
索 引	

序 言

機械技術者にとって、材料の知識はなぜ重要なのであろうか。それは、まず設計に際して、適当な材料を選択し、機械の機能を最高度に発揮して、しかもむだのない設計、すなわち形状・寸法をきめなければならないからである。さらに、素材から機械につくりあげるまでには、その材料に適した加工方法が必要であり、できた機械を使う場合にも、なるべく損耗しないように、操作や手入を行わなければならないからである。

人類の文化が、石器時代・銅器時代・鉄器時代をへて、現在の合金時代ともいわれる機械文明のはなやかな時代にまで進展してきたのは、極言すれば、機械材料として金属材料のすぐれた性質を、適材・適所に活用し得たからである。したがって、現在機械の構造用材料には、大部分金属および合金が使われており、基礎材料その他特殊な性質を必要とする炉材・絶縁材・潤滑剤などに非金属材料が用いられている。

われわれは、どのような材料がどういふふうに使われているかを、日常目にふれる多くの機械について、ひろく考察し、材料の常識を深めることはもちろん、さらに進んで、なぜその材料が選ばれたか、なぜすぐれた材料が生まれたかという本質的な追究を忘れてはならない。そして、よりすぐれた性質をもつ材料を研究して、よりりっばな性能をもつ機械をつくり出して、世界文化に貢献しようではないか。

第1. 非金属材料

1. セメントおよびコンクリート

1. セメントの種類

機械の基礎工事や土木建築用構造材として用いられるセメントには、大きく分けてつぎの3種がある。

(1)ポルトランドセメント 石灰石と粘土とを粉砕して適当に配合し、 1400°C ぐらいまで加熱して焼塊としたのち粉末にしたものであって、けい酸(珪酸) 20~25%, 石灰 63~66% がその主成分である。

(2)高炉セメント よう鉄炉(熔鉄炉)から出る鉄さい(鉄滓)の重量 100 に対して、ポルトランドセメント 45 以上の割合で混和し粉砕したもので、けい酸分がいくぶん多く、とくに水中で大きな抵抗力をもっている。

(3)けい酸質混合セメント ポルトランドセメント 70 に対し、けい酸質混合材 30 以下を混和したもので、さらにけい酸が多く 30% 以上となり(石灰 50% 程度)、化学的抵抗力・耐水性が増大される。

2. モルタル

セメントに、川砂を適当にまぜて水で練ったものをモルタルといい、れんがの接合、ボルトのすえつけ、床や壁の仕上などに用いる。セメントの強さは、セメント 1 に対し、川砂 2 の割合で配合した軟練モルタルで試験し、成型後 3 日では抗折力 10 kg/cm^2 、耐圧力 35 kg/cm^2 以上、28 日後は抗折力 30 kg/cm^2 、耐圧力 150 kg/cm^2 以上と規定されている。このように、セメントの粉末を水で練ったものは、ふつう 1 時間後に凝結しはじめ、10 時間以内には凝結を終

るが、その後も日数とともに強度を増すものである。セメント 1、砂 3 の割合のモルタルでは、4 週間後の強度は抗張力 25 kg/cm^2 、耐圧力 300 kg/cm^2 以上と規定されている。

3. コンクリート

(1)コンクリートは、セメント・砂・砂利を適当に配合したもので、耐火・耐水性が強く、圧縮の強さが大きいので各種構造物に用いられるが、引張の強さが小さいことが欠点である。そのために耐震構造物には、コンクリートの中に軟鋼棒を入れて鉄筋コンクリートとし、わん曲に対する強さを補っている。

(2)コンクリートの配合は、セメント・砂・砂利の順に、容積比で示するのがふつうで、強度を要しない基礎には 1:3:6、鉄筋コンクリートその他ふつうの構造物には 1:2:4、さらに強度を必要とするときには、1:1:2 とセメントの量を増加することもある。

(3)コンクリートの強度も月日とともに増大するもので、一例をみると、1:2:4 配合のコンクリートの場合に 7 日で 98 kg/cm^2 の耐圧強度をもつものが、1 月で 168 kg/cm^2 、6 箇月では 259 kg/cm^2 にもなっている。設計には 4 週目の強度を用い、標準耐圧力 140 kg/cm^2 ととられている。

2. れんがおよび耐火材・保温材

1. 普通れんが

いわゆるあかれんがといわれる普通れんがは、粘土を焼成して長さ 210 mm、幅 100 mm、厚さ 60 mm につくられたもので、1:3 モルタルで積目をみたして構造物の外壁などに用いられる。上焼は

吸水率 14% 以下、圧縮強さ 150 kg/cm² 以上、並焼は吸水率 18% 以下、圧縮強さ 100 kg/cm² 以上と規定されているが、衝撃力に弱いので、重要な部分には用いられない。

2. 耐火れんが

金属の製錬用炉や加熱炉の内壁などに用いられる耐火れんが(白れんが)は、軟化点およびよう融点(熔融点)の高いこと、鋼さい(鋼滓)と化学作用を起さず耐しよく性(耐蝕性)のあること、膨脹係数・熱傳導度の小さなことなどが要求される。耐しよく性の目的から酸性・塩基性・中性の3種に分けられるが、いずれもゼーゲルス(ゼーゲル錐) 26 番 1580°C 以上の耐火度をもち、長さ 230 mm、幅 114 mm、厚さ 65 mm と規定されている。

(1)酸性耐火れんがには、シャモットれんがとけい石れんがとがある。前者は耐火粘土を焼成したもので、けい酸とアルミナが主成分をなし、温度の急変にもよくたえるので、ほとんどいっばんの耐火用材料に用いられる。後者はほとんどけい酸を主成分とするので、耐火度は高いが、熱変化には弱い。製鋼用酸性炉には、ほとんどこれが用いられている。

(2)塩基性耐火れんがは、マグネサイトを焼成してつくられたマグネシアれんががおもなもので、塩基性鋼さいに対する耐しよく性が強いので、塩基性炉に用いられる。

(3)中性耐火れんがには、クロム鉄鉱からつくられたクロムれんが、アルミナを主成分とするボーキサイトれんが・アランダムれんがなどがあり、ひじょうに耐火度が高く、各種鋼さいにたえ得ることが特長である。

3. 保温材料

保温材料には、常温附近および低温用の断熱材料と、高温で用いられる不燃性保温材とがある。前者には木綿・羊毛・フェルト・コルク・のこくずなどが有効であることは、日常生活でもよく知るところである。後者は使用温度によってさらに区別され、600°C 以下の低温では石綿・けいそう土などが用いられ、それ以上の高温では、前記耐火材料がおもに利用される。

(1)石綿(アスベスト)はじゃもん岩や角せん(角閃)岩から採集した繊維状のもので、熱および電気的不良導体であり、耐熱性も高く、保温材中もっともひろく用いられている。石綿はそのままでも用いられるが、多くは板・紙・糸・布などに加工され、機関車の保温用ふとん、蒸気管に巻きつける保温帯、パッキン・高温作業用手袋・消火用衣服・くつ類までもよいにつくることができる。

(2)同じような繊維状保温材には、よう鉍炉(熔鉍炉)から流れ出る鉍さいに高圧の蒸気を吹き込んでつくった鉍さい綿(シリケートコットン)、よう融ガラスを吹き飛ばしてつくったガラス綿(グラスウール)などがある。

(3)炭酸マグネシウムも 15% ぐらい石綿をまぜて成型したものは、耐熱温度が 300°C 程度のやや低目であるが、保温効果が大きいので、汽かん(汽罐)の周囲に塗装して用いられる。

(4)けいそう土は多孔質の軽い岩石であって、900°C ぐらいの高い耐熱性をもつもので、少量の石綿とともに水で練って成型し、保温板や保温れんがなどにつくられる。また塗装して用いられることも多い。

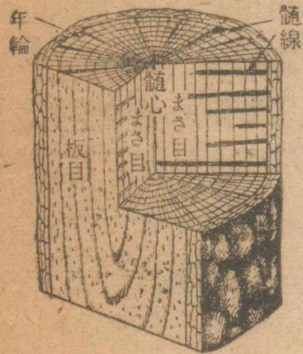
3. 木 材

1. 木材の種類と用途

木材は金属材料に比べて、比重が小さく加工がよいなために、あまり強さを要しない部分にひろく用いられ、その目的によっていろいろな種類のものが選ばれる。

(1)木型用木材としては、質が密な上に耐水性に富み、狂いの少ないものが望ましく、ヒノキがもっともこの目的に適しているが、高価なのでとくに長く使う木型に用いられる。ツゲノキはヒノキにつぐ良材であるが、やはり高価であり、大きな木が少ない欠点がある。いっばんには、安価で工作のよいヒメコマツ・スギなどが用いられる。

(2)機械用木材としては、ケヤキ・アカガシ・シロガシなど強力なものが適当であって、車輪・歯車・機械台およびハンマの柄などに用いられる。その他、チーク・マツ・スギなど船舶・車両用木材としてひろく用いられている。



第 1.1 図 木材の組織

2. 木材の組織と性質

(1)組織 木材の断面を見ると、(第 1.1 図) 中心に髄心があり、これをとり巻いて同心円状に年輪があり、外側は樹皮になっている。髄心はひじょうにやわらかく、割れを生じているので使用に適しないが、これに近い心材の部分

は、紅褐色をなしているため赤みといわれ、材質は良好である。

その外部の辺材は白みともいわれる若い部分で、質がやわらかく水

分も多く、狂いやすい上にまた腐りやすい。また、板取りの方法でいろいろな組織があらわれ、年輪と直角に近く切り出した板にはまさ目、年輪の切線に近く切り出した板には板目が見られる。

(2)木材の組織にはいちじるしい不均一の部分があるので、湿度・温度などの違いによって収縮・膨脹の程度が部分によって違い、すぐに狂いを生じやすくなる。とくに、この変化はまさ目方向よりも板目方向にいちじるしく、心材部よりも辺材部の方がいっそうはなはだしい。したがって製品をつくるまえに、天然あるいは人工的方法で十分乾燥して、木型などにはラック・ニスを塗って湿気を防ぐようにする。

(3)木材の性質は、吸湿度や方向などによっていちじるしく異なり、断面方向の強さは、長手すなわち繊維方向の強さの 1/10 程度になる。木材の繊維方向の強さの例は第 1.1 表のとおりである。なお木材には節・割裂などの欠点が多い。

第 1.1 表 木材の性質

木 材	比 重	圧縮強さ (kg/cm ²)	引張強さ (kg/cm ²)
スギ	0.40	400	450
エゾマツ	0.45	460	490
ヒノキ	0.50	520	570
ヒメコマツ	0.50	370	550
アカマツ	0.60	520	570
サクラ	0.60	510	740
ケヤキ	0.75	580	880
ナラ	0.80	460	900
アカガシ	0.90	510	1220
シロガシ	0.90	640	1250

3. ベニヤ板および合せ板

ベニヤ板は丸太を適当な長さに切断して、これを回轉させながら、ちょうど皮をはぐような方法で薄板として切り出されたものである。ちょうど年輪に沿って削られるので、全部板目をあらわしている。細い丸太からひろい板材をつくることができる。

ベニヤ板はふつう合せ板として用いられる。3枚あるいは5枚と奇数の板を、たがいには木目の方向が直角になるように重ね合わせて、にかわづけする。各方向に、同じ強さをもった強力な板材が得られる。にかわには牛乳たんぱくからつくられるカゼインまたは大豆たんぱくからつくるグロブリンが用いられる。

4. ガラス・合成樹脂・ゴム類

近ごろ機械器具の重要な部品に、ガラス・ベークライト・エポナイトなどの非金属材料がさかんに用いられるようになったことは注目すべきことである。もともとこれらのものは電氣の絶縁体であり、化学的薬品に対する抵抗力の大きいことが特長であるから、電氣器具や化学器具にはふるくから用いられている。

1. ガラス

(1)ソーダガラス ふつうのガラスはけい砂・石灰石・ソーダ灰などの主成分に、少量の清澄剤・着色剤などを加えて加熱よう融したものであって、 1200°C 附近をわりあいに早く冷却すると、結晶しないで透明なガラス質となる。冷却の途中、赤熱状態において圧延または押型・圧搾・空気吹込などによってように加工され、窓ガラスをはじめとして各種板ガラスやびん類につくられる。これをソーダガラスといい、 $\text{SiO}_2=70\sim 72\%$ 、 $\text{Na}_2\text{O}=12.5\sim 15.5\%$ 、 $\text{CaO}=\text{---}$

$8\sim 12.5\%$ がふつうの配合である。 $4\sim 9\text{ kg/mm}^2$ の引張強さと $60\sim 120\text{ kg/mm}^2$ の圧縮強さをもっている。

(2)特殊ガラス 強さを増すためにつくられた網入ガラスは、成形の際に金網をさし入れて圧延するか、2枚のガラス板の間に金網をはさんで圧延したものである。金網の代わりに、セルロイド・さく酸・セルローズ・合成樹脂などの透明でしかもたわみやすいものをはさんでつくられた合せガラス(安全ガラス)は衝撃にたえ、破損しても破片が飛散しないのが特長である。強化ガラスはふつうの板ガラスを 600°C に加熱し、つぎに空気を吹きつけていちように急冷したもので、多量のひずみ(歪)を生ずるためにいちじるしく強力となるが、1箇所にも損傷を生ずると板全体が粒状に粉碎される。

(3)カリガラス けい砂・石灰石・炭酸カリが主原料で、ソーダガラスよりよう融しにくく化学的抵抗力が大となるので、化学用器・真空管・高級ガラス器に用いられる。

(4)鉛ガラス 酸化鉛を加え、光の屈折率を大きくしたもので、光学用器具・模造宝石などに用いられる。

(5)光学ガラス 透明度が大きく、ひずみの少ないように、とくに組成や製法の上から吟味されているが、鉛を含む屈折率の大きなフリントガラスとこれを含まないクラウンガラスに大別され、高級なレンズはこの両者を適当に組み合わせて収差をのぞいている。

(6)耐熱ガラス(バイレックス) けい酸を 80% 以上に増して耐熱性を高めたもので、 700°C 附近までは軟化が起らない。

(7)石英ガラス 純粋なけい砂だけをよう融してつくられ、高價ではあるが 1000°C 以上の高温に使用できる。いっばんに、けい酸分

の多くなるほど酸に対する抵抗力は強くなり、また熱の急変に対してもたえる性質が増大するので、透明な石英ガラスは 1000°C 附近から水中に焼き入れてもひびがはいらない。

2. ベークライト

(1)ベークライトは石炭酸・クレゾールなどとホルマリンを反応させてつくったもので、はじめはベークライト A といって液状によう融することもアルコールなどのよう剤にかすこともできる。これを製品の型に注ぎ込んで圧力を加え、 150°C ぐらいまで加熱すると硬化してベークライト C となり、よう融もせずよう剤にもとけない性質となるので、耐熱および耐しよく性のすぐれた成品が得られる。

(2)成型ベークライト ベークライト自身は淡黄色の透明なものであるが、製品にはいろいろな充てん物(充填物)が用いられるので、着色し不透明になる。充てん物としては木粉・綿屑・石綿・雲母などが用いられ、ベークライト A と混合して型につめられる。電気器具の絶縁部品や紡績部品・食器・じゅう器(什器)・文房具など幅広い範囲の用途に用いられている。

(3)積層ベークライト ベークライト A を紙・布・石綿布などにしみ込ませて積み重ね、これを圧搾加熱したものは積層ベークライトといわれ、すぐれた電気的性質と機械的性質をもつので、電気諸設備や各種機械部品に用いられ、無音歯車や軸受などにもつくられてすぐれた性質を示している。

(4)合成樹脂にはベークライトのような石炭酸系のほかに尿素・さく酸ヴィニール・ステロールアクリル酸などの有機物を石炭酸の代

りに使用したものがあり、高価な有機ガラスその他の装飾品などがつくられている。

3. ゴム製品およびエポナイト

ゴムは、ゴム樹をきずつけたときに分泌する弾力性のある液体からつくられ、このしるにぎ酸(蟻酸)やさく酸(醋酸)などの凝固剤を加えてゴム分を凝結させ、所要の厚さに圧延して生ゴムとする。

(1)生ゴムは、 $16\sim 24\text{ kg/cm}^2$ の抗張力と $545\sim 625\%$ の伸びをもち、弾性に富んでいるが、薬品にはおかされやすい。 100°C では粘着性を生じ、 200°C でよう融する。生ゴムの重要な性質は、硫黄とともに加熱すると、硫化物をつくり化学薬品に対する抵抗力を増し、強さも増大することである。硫黄の量が 15% 程度までは柔軟で弾性に富み、それ以上になるといちじるしくかたくなるので、それぞれ軟質ゴム・硬質ゴムといわれている。エポナイトは硬質ゴムの一種で、最高 30% まで硫黄が加えられ、絶縁材料や耐しよく性容器などに用いられる。

(2)軟質ゴム製品としては、タイヤ・ホース・ベルトなどその用途は多い。生ゴムと硫黄粉末をませ、その他に強さを増すための炭素粉末・亜鉛華・炭酸マグネシウムなどを適当に配合して成形したのち、 $100\sim 140^{\circ}\text{C}$ に加熱してつくられる。ふつうのゴム製品は $20\sim 40\text{ kg/cm}^2$ であるが、ベルト類では 400 kg/cm^2 以上にも達する。ただし、加硫ゴムの性質は時日とともに悪化して、ついに表面にき裂(亀裂)を生ずるようになる。これを老化といい、各種の処理によって更生させたものを再生ゴムという。また、最近人造ゴムもさかんにつくられている。

5. ベルト・ロープおよびファイバー

1. 革ベルト

動力を伝えるベルトには、革ベルトが多く用いられている。牛皮をタンニンなめししたものであって、抗張力 $200\sim 350 \text{ kg/cm}^2$ 、伸び $20\sim 60\%$ の強さをもっている。タンニンなめしというのは、樹木の皮からタンニンを浸出させた溶液の中に、十分に脱水して乾燥した生皮をつけて柔軟にする方法であって、1箇月以上の長時間を必要とするので、クロム明ばん（明礬）の中に短時間つけるクロムなめし法という方法が行われることもある。一枚革の厚さは $4\sim 6 \text{ mm}$ 、幅 $25\sim 150 \text{ mm}$ ぐらいであって、長さは 1 m 以上の革をニトロセルローズの溶剤で継ぎ合わせて、任意の長さのものがつくられている。大きな動力を伝えるためには、二枚革・三枚革と張り合わせたものが用いられる。ふつう使用する最高張力は、抗張力の $1/10$ 以下とする。

皮革はそのほかバッキン・歯車などにも用いられる。

2. その他のベルト材料

革ベルトは、高価であると同時に厚さに不同が生じやすく、寸法に制限されるので、ゴムベルトや織物ベルトなども相当に用いられている。

(1) ゴムベルト 綿布を良質のゴムを主成分とする接合剤ではり合わせ、圧搾加硫したもので、ふつうの傳動用ベルト・Vベルト・運搬用コンベアベルトなどに用いられる。Vベルトは、その特性を活かすために数段の層に分けられ、中央に丈夫な厚手の綿布層があり、その上部は弾性ゴム、下部はスポンジゴムが詰められ、その周囲を厚手綿布でおおってある。

(2) 織物ベルト ラグダ・ウサギなどの毛や木綿・アサなどが用いられているが、縁がいたみやすいことと、適当な接ぎ方がないのが欠点とされている。織物ベルトの強さは、すべて革ベルトと同じ程度であるが、アサベルトはとくに 800 kg/cm^2 以上の強さをもっている。

3. ロープ

ロープは綿糸・白アサ・マニラアサ・シュロなどから均一な太さのより糸をつくり、これをよって細いなわとし、さらに3本または4本組み合わせてロープとする。強さは繊維の性質、製作の良否によっても違うが、四つよりマニラロープで 650 kg/cm^2 ぐらいで、使用荷重はその $1/8$ ぐらいで、急速に荷重のかかるときは $3/100$ ぐらいが安全である。

4. ファイバー

堅紙ともいい、木綿やアサなどを重ね合わせ、塩化亜鉛の溶液中にひたして圧力を加えたものである。素地はネズミ色であるが、着色料として第二酸化鉄を加えたものは赤く、炭素を加えると黒くなる。引張強さは、 $5\sim 11 \text{ kg/cm}^2$ 、圧縮強さ $18\sim 42 \text{ kg/mm}^2$ で、きわめてかたい綿密な材質である。紡績用器具・小形歯車や電気器具の部品などに用いられる。

6. 研摩材料

機械工作上研摩作業は重要な部門である。旋盤で仕上げみがきをするときの研摩布または研摩紙、研摩盤で精密工作をするときの研摩といし（砥石）、さらに超仕上げであるラップ作業に用いる研摩剤などが研摩材料のおもな用途である。

1. 研磨といし

研磨といしには天然に産するものもあるが、わりあいにやわらかくその量も少ないので、かたい酸化物や炭化物の粒を粘土・長石・けい酸ソーダ・ゴム・ペークライトなどの接合剤でかためたものが用いられる。

(1)硬質酸化物としてふつう用いられるものは、酸化アルミニウム (Al_2O_3)で、ボーキサイトを電気炉でよう融してつくられる。これをアラシダムといい、これを接合してつくったと石車は淡褐色をなし、強じんな鋼材の研磨および工具類の研磨に用いられる。天然に産するコランダムは紅玉の不純なもので、90~99%の Al_2O_3 からなり、砕いてと石車につくられる。

(2)硬質炭化物のおもなものはカーボランダムといわれる炭化けい素 (SiC)で、けい砂にコークス・塩・のこくずなどをまぜたものを電気抵抗炉で燃焼すれば得られる。このと石車は青紫色をなし、鑄鉄などのかたくてもろい材料の研磨に用いられる。

(3)と石車は研磨材の粒度や、結合の硬さによっていろいろに区別されている。粒度はふるい(篩)の網目の数(メッシュ)であらわす。硬さはいろいろな符号がつけられているが、粒子のはがれやすいものほどやわらかいといい、と石車の損耗は大きい。粒子が摩滅するまえにはがれるので切れ味はよい。と石車の研磨成形はダイヤモンド工具で行う。

2. 研磨紙および研磨布

研磨紙および研磨布は、紙や布などに研磨剤をのりづけしたもので、番号の小さいものほど粒度がこまかくなっている。0番以下こ

まかくなると 00, 000 といわれ、05, 06 程度がもうともこまかく、これ以上はたくま(琢磨)に移される。布は番号の大きなあらいものだけ用いられる。研磨紙はふつうにエメリー紙といわれるように、こまかい粒度のものは天然に産するエメリーの粒末が用いられる。エメリーは、30~70%の Al_2O_3 を含むコランダムの不純なものである。その他同系統のアランダム・コランダム、あらいものにはカーボランダムなどが用いられ、ときには毛状の鋼屑やガラス粉などが加えられることもある。

3. 研磨剤

研磨剤としては、その目的によっていろいろなものが用いられる。あらいバフみがきには金剛砂・けい砂・けいそう土などのこまかい粉末がふりかけられ、ラップ仕上にはカーボランダム・アルミナ・酸化クロム・ベンガラなどのとくに微細な粉末に精製したものを水または油とまぜて用いる。

7. 潤滑剤および切削油

潤滑剤は、機械の運動部分の摩擦を減少し運動を円滑にするもので、運動速度・荷重・材質などに適したものを選ばなければならない。

1. 鉱物性潤滑剤

(1)液体潤滑油のおもなものは、鉱物油すなわち石油系潤滑油で、重油を蒸りゆう法によって分りゆうして得られたものである。日本標準規格では、つぎの8種に分けている。

第1種甲(スピンドル油)もっとも軽質で紡績用スピンドルその他軽荷重高速度機械に適する。

- 第1種乙(冷凍機油)冷凍機・製氷機に適する。
 第2種甲(ダイナモ油)発動機・電動機に適する。
 第2種乙(タービン油)陸用および船用タービンに適する。
 第3種(マシン油)一般機械・機関車・客貨車の車軸に適する。
 第4種(台車油)台車・荷車その他の車軸に適する。
 第5種(内燃機油・モビル油)自動車機関・ジーベル機関その他の
 内燃機関に適する。
 第6種(シリンダ油)蒸気機関のシリンダに適する。
 第7種(マリンエンジン油)船用機関に適する。
 第8種(ペトロラダムおよびワセリン)軟こう状(軟膏状)をなし、
 潤滑・さびどめその他の用途に適する。

(2)以上のように、各種用途に適した潤滑油が市販されているから、機械の運動状態を考慮して、もっとも適したものを使用するように心がけなければならない。第1種から第6種までは純粋な鉱物油で、その順に大体粘度が増加し、色もスピンドル油は無色に近いものから黄褐色や赤褐色と変り、ついに暗黒色をあらわすようになる。しかし、各種類のうちでも、さらに分類されており、たとえばマシン油は粘度の小さいものから順に第1~5号の5種類がある。いっばんに粘度の小さいものは、軽荷重・低速度の部分、粘度の大きなものは、重荷重・低速度の部分に適する。また、夏季用のものは規格の範囲内で粘度が大きく、冬季用のものは小さい。

2. その他の液体潤滑剤

動物性油としては牛脂油・牛脚油・豚脂油・いるか油・げい油・げい腦油などがあるが、牛脚油・いるか油・げい腦油が時計・ミシ

ン・タイプライタ・紡績機などの精密機械用潤滑油として使用される程度である。

植物性油としてはヒマシ油・なたね油・オリーブ油などがあるが、ヒマシ油が自動車・オートバイなどの内燃機関に用いられるくらいである。

動植物性油はふつう乾燥油といわれ、空気中にそのままおくと酸素を吸収して変質しやすく、潤滑油には適しない。しかし、これらの動植物性油を鉱物性油にまぜてつくった混成潤滑油は、すぐれた潤滑性を示す。規格第7種は、空気を吹き込んで乳化した動植物油性を10~30%加えた混成油であって、減摩作用が乳化によって増進される。

3. 半固体潤滑剤(グリース)

グリースは、動植物性油にアルカリを作用させてせっけんとし、これに鉱油を加えてつくられたものである。常温では軟質の半固体状態で流動性が少ないが、摩擦面では温度が上昇してよう融し、潤滑剤の役めを行う。したがって、だいたい融点によってつぎのように規格がつくられている。

第1種(カップグリース)融点 80°C 以上、球軸受やコロ軸受またはグリースつば使用の回転軸に適する。

第2種(ファイバグリース)融点 130°C 以上、水分や水蒸気などの接触しないわりあいに高温になる摩擦部に適する(高荷重軸受など)。

第3種(ギヤグリース)融点 60°C 以上、高荷重の歯車室や鋼索などに適する。

なおワセリンの融点は 30°C 以上である。

4. 固体潤滑剤

固体潤滑剤は、液体または半固体潤滑剤では燃焼するおそれのある高温度の摩擦面に使用される。おもに用いられるのは黒鉛（グラファイト）で、油・グリースと混和した特殊な潤滑剤として粗雑な摩擦面に用いられる。

5. 切削油

金属を切削する場合に注ぐ油を切削油という。その効果は、まず切れ味をよくして切削面を美しくすること、切削部の温度を冷却して寸法を正確にし、刃先のにぶるのを防ぐこと、さらにさびどめに役だつことなどがあげられる。ふつうマシン油が使われているが、高速度に切削するときは粘度の低いもの、低速度には粘度の高いものが選ばれる。冷却効果に重点をおくときにはせっけん水が有効であり、仕上面を美しくするには、乳化混合油が用いられることもある。

また材料によっても違い、マシン油はすべての材料に用いられるが、そのほかに鋼材にはナタネ油からつくられた白絞油、銅合金にはパラフィン油、アルミニウムには石油などが用いられ、鑄鉄には研磨のとき以外は切削油を用いないのがふつうである。

8. 燃 料

燃料は汽車・汽船・自動車などの交通機関はもちろん、電力以外の各種動力のもととなり、さらに金属材料の製錬・よう融・熱処理に欠くことのできないものである。これを大きく分けると、固体燃料と液体燃料およびガス体燃料となるが、天然に産出するまま使用

できるものと、それを原料としてつくられたものがある。

1. 木材(薪)および木炭

木材は $400\sim 470^{\circ}\text{C}$ から燃焼し、窯業や反射炉などにふるくから用いられていたが、現在はおもに木炭および木材乾りゅう用の原料として用いられている。

木炭は木材を炭焼窯に入れて、不完全燃焼させたもので、焼き方によって白炭(堅炭)と黒炭(軟炭)とができる。

(1)白炭はカンなどを原料とし、きわめて徐々に 300°C ぐらいの低温で炭化を行うが、最後に窯口を開いて炭化をさかんにし、白熱状態になった部分から窯外にかき出して急に消火したものである。外皮は灰色で、質はかたく密にできあがり、黒炭よりも火力が強く長もちがする。

(2)黒炭は 400°C 附近で炭化し、いちど 800°C ぐらいまで温度があがったところで窯を完全に密閉して、窯内で冷却、消火したもので、黒色をなし、火付きはよいが火力が弱い。

(3)木炭はもっとも簡単な燃料として、工場や家庭などで用いられるが、特殊な用途としては木炭銑や、しん炭(滲炭)剤の原料となり、活性炭その他の化学工業方面にも用いられる。またガス発生炉に入れて木炭ガスを発生し、軽便機関車・木炭自動車の動力として用いられる。

(4)木材乾りゅう法というのは、窯またはレトルトに木材をつめて空気を断ち、壁の外部から間接に加熱・炭化する方法で、木炭のほかにタール・木さく酸などをつくるのがおもな目的として行われている。

2. 石 炭

石炭は、植物が水底または土砂中に埋没し、自然に炭化されたもので、炭化の程度によって無煙炭、れき青炭(瀝青炭)・かっ炭・でい炭(泥炭)などに区別される。無煙炭は約 10% 以下の揮発分を含み、もっとも火力の強いもので、れき青炭がこれにつき、かっ炭(または亞炭)・でい炭では 50% 以上も揮発分があり、同時に多量の水分が含まれてくる。

汽かん用・暖房用その他いっばんの燃料としては、無煙炭およびれき青炭がおもに用いられ、揮発分の多いものほど火炎が長くなり、ばい煙を多量に生ずる。火力は強く約 8000 cal/kg の発熱量をもつが、かっ炭やでい炭などでは 5000 cal/kg 以下になり、家庭用燃料に用いられる程度となる。

石炭ガスとコークスは石炭を高温乾りゅうしてつくり、タールと半成コークス(コーライト)は低温乾りゅうしてつくるが、前者にはおもにれき青炭を、後者にはおもにかっ炭を原料として用いる。

3. コークスおよび練炭

コークスは製司コークス・ガスコークス・半成コークスの3種に大別される。製司コークスは石炭を 1100°C 前後の高温乾りゅうを行い、揮発分および水分を除いたので、副産物としてガスやタールなどが利用される。や金(冶金)方面の用途がおもで、製鉄用と鑄物用の2種がある。

ガスコークスはやはり高温乾りゅうにより、石炭ガスを製造した場合の副産物として得られ、半成コークス(コーライト)は低温乾りゅうによりタールを回収したのちに得られるもので、ともに家庭燃

料その他に用いられ、石炭よりいっそう高温度が得られる。

練炭は、ふつう燃料としては使用しにくい粉状の石炭をピッチやタールなどで結合し、圧力を加えて成型したもので、取扱いに便利なのでひろく使用され、工業用と家庭用に分けてつくられている。

とくに、石炭を粉末にした微粉炭は、空気中にうかばせて気体燃料と同じように用いられる。完全燃焼が行われ、温度の調節もよいであるので、や金方面のいろいろな炉に適している。

4. 石 油

天然に産出する石油原油を蒸りゅうして、沸点の低いものから揮発油・軽油・重油と順に分りゅうすると、最後にタール(石油ピッチ)が残る。いずれも 1,000 cal/kg 程度の高い発熱量をもち爆発的に燃焼するので、液体燃料として内燃機関や加熱炉などに用いられる。その他潤滑剤あるいは化学薬品としての用途も多い。

揮発油(ガソリン・ベンゼン)は 150°C 以下のもっとも低い沸点をもつもので、自動車その他高速度の内燃機関に用いられる。

軽油は 150~300°C の間で分りゅうしたもので、沸点 200°C 以下のものを燈油ともいう。船舶や農工用などの小型石油発動機・石油コンロ・照明用ランプなどの燃料として用いられる。

重油はジーゼル機関や加熱用重炉などに用いられ、300~360°C の沸点をもつもので、機械油ともいわれ潤滑油にも用いられる。

5. その他の液体燃料

石油によく似た液体燃料には、つぎのようなものがつくられている。

(1) 石炭を乾りゅうしたときに得られるタールをさらに分りゅうす

ると、ベンゾール (170°C 以下)・タール油 (170~320°C) ピッチなどに分けられる。ベンゾールは高速内燃機関、タール油はジーゼル機関に用いられる。

(2)頁岩 (オイルシェール) を粉砕し乾りゅうしたものはけつ岩油 (シェール油) といひ、これを分解蒸りゅうすると、燃料や潤滑剤に適する各種の油が得られる。

(3)アルコールもまた小型発動機用燃料として有効であるが、高價なためにガソリンとまぜて自動車用に利用されている。アルコールには、サツマイモのようなでんぷん質を発酵させてつくったエチルアルコールと、木材を乾りゅうしたときに得られる本タールを再蒸りゅうしてつくったメチルアルコールとがあるが、おもに前者が用いられる。

6. 気体燃料

気体燃料は、少量の空気で完全に燃焼し、ひじょうに高温が得られ、調節も自由であるから、ひろく家庭用をはじめ、工場における加熱炉・よう融炉にも利用されている。天然のものはごく少なく、おもに石炭あるいはコークスを原料としてつくられる。

(1)天然ガスは、石油および石炭などを産出する地方にふき出るガスで、家庭燃料に用いたり、またポンベにつめて自動車用燃料としてわずかながら利用することができる。その主成分はメタンガスである。

(2)市街に供給されているガスは、石炭を高温乾りゅうした石炭ガスで、家庭および工場における一般加熱用燃料として用いられる。発熱量は 5000 cal/m^3 ぐらいで、水素・メタン・一酸化炭素などが主

成分である。木材を乾りゅうして得られる木炭ガスも 3000 cal/m^3 程度の発熱量がある。

(3)工場などにおいて、小規模に気体燃料を得るには、ガス発生炉が設備される。この炉に木炭・石炭・コークスなどの固体燃料をつめ、空気と水蒸気を送り込めば不完全燃焼が起り、簡単に一酸化炭素と水素のまじった発生炉ガスが得られる。発熱量は約 1200 cal/m^3 ぐらいで、平炉・ガス加熱炉・ガス機関などに用いられる。最近はごく小型の木炭ガス発生炉を自動車に取りつけて代用燃料に用いている。

(4)製鉄所においては、高炉ガスを気体燃料として使用している。よう鋳炉中では、コークスの約 $2/3$ は不完全燃焼をして一酸化炭素となるので、高炉ガスの発熱量は約 900 cal/m^3 である。

(5)アセチレンガスはカーバイト(炭化カルシウム)に水を加えると発生するもので、多く燈用に用いられるが、空気と混合して燃焼させると 3000°C 以上の高温がよいに得られるので、よう接やガス切断などに用いられる。

9. 防しよく塗料(鉄の防しよく法)

金属および木材の腐しよくを防止するために、いろいろな塗料が用いられる。金属材料のうちでも Al, Cu, Sn, Pb などは空気中でうすい酸化被膜をつくって、その後の腐しよくを防止する。したがって、防しよくをとくに必要とするのは Fe および Mg である。防しよく塗料も、多くは鉄材に対してつくられている。ゆえに、ここにはいわゆる防しよく処理も含めて、鉄に対する防しよく方法をしらべてみよう。

1. ペイント

(1)塗料はペイントとワニスとの2種に大別される。ペイントは顔料(固体成分)を溶剤(液体成分)中に懸垂したもので、乾燥したのちは不透明の膜ができて素地が見えない。ワニスは顔料が溶剤にとけた状態のもので、乾燥したのちも透明な膜ができて、素地が透かして見える。ウルシは天然に産するワニスで、木材の防しよく・防湿にふるくから用いられている。しかし金属の防しよくには、外氣と日光からさえぎる必要があるので、おもにペイントが用いられる。

(2)ペイントのおもな種類をあげるとつぎのようなものがある。

(ア)鉛丹塗料 鉛丹はふつうに光明丹といわれ、 Pb_3O_4 の酸化鉛である。10%前後のあまに油(亞麻仁油)にまぜて塗料とし、さびどめ作用が大きいので各種ペイントの下塗に用いる。軸などのすり合せを試験するとき用いるものもこれである。

(イ)亞鉛粉末・鉛粉末などを油と配合した塗料は、金属の酸化物と油がかたく結合して、メッキ層のような丈夫な膜をつくってさびどめ作用をする。

(ウ)酸化鉄塗料 第二酸化鉄 Fe_2O_3 は純度によって赤・褐・暗紫色などのものがあるが、純度の高いものは赤色でベンガラといわれている。第二酸化鉄は油と結合しないのでかたい被膜ができず、さびどめ塗料には適しない。しかし、いっしょに酸化亞鉛や酸化鉛などの顔料を加えるとすぐれた塗料となる。

(エ)アスファルトもまた塗料に用いられる。とくに酸やアルカリに対する抵抗が大きいので、化学工場用塗料として用いられる。しかし屋外では風化しやすいので、室内塗料または地中に埋める水道管

の塗料に適する。

(オ)アルミニウムエナメルは Al の薄板を粉碎してつくった Al 粉を顔料とするペイントである。乾燥するとへんべい状の Al 粉がうるこのように表面にならんで、銀白色の金属光沢をもってくる。鉄材には鉛丹塗料を下塗してから塗布する。

(3)船底塗料には、さびどめ塗料・防汚塗料および水際塗料の3種がある。さびどめ塗料は、さびどめを目的として船底鉄板の下塗に用いるもので、顔料は酸化亞鉛や酸化鉄を主成分とする。防汚塗料はカイや虫類・海そう類の附着を防ぐために、酸化水銀・ひ酸水銀(砒酸水銀)などの水銀化合物あるいは銅化合物などの毒性成分をまぜたさびどめ塗料である。毒性成分は、鉄材にも有害であるから、かならず下塗を必要とする。水際塗料は大氣中・水中の両作用を受け、その上波に対する摩耗抵抗も必要であるので、とくにワニス系の溶剤を用いたものである。

2. 木材防腐剤

木材の防腐法には注入法や排氣加圧法、その他のいろいろな方法がある。電柱などは伐採したのち間もないスギ材の切口から硫酸銅を注ぎ入れて用いる。鉄道のまくら木には、密閉したかまの中で圧力を加えてクレオソートを浸潤させる。木造船の船底はコッパーペイントを塗布する。コッパーペイントは亞酸化銅を主成分とし、第二酸化鉄を含む顔料を用い、結着剤にはワニスを用いたものである。これらのものは、木材中に発生する菌類による腐しよくを防止するのがおもな目的である。

そのほか、表面を保護し湿氣を防ぐためには、タール・ワニス・

ラッカなどが塗布される。ワニスは樹脂と油を配合した塗料、ラッカは硝化綿すなわちニトロセルロースを主成分とする塗料で、ともに酸に対する抵抗の強い特長がある。木型や家具類にひろく用いられている。

3. 防しよく法

金属の表面に防しよく被膜をつくるにはいろいろな方法がある。

(1)表面処理法 製品の表面にその材料の化合物をつくる方法である。鋼の表面に第二酸化鉄の被膜をつくる青焼法、りん酸鉄の被膜をつくるバーカー法などがこれである。Alの表面に酸化Alをつくったものはアルマイトとして有名である。

(2)よう金浴めっき法 亜鉛やすずなどのよう融金属につけて表面にすくめっきする方法である。トタン板や、ブリキ板などはこの方法でつくられる。

(3)金属しん透法(焼附法) 亜鉛粉末で鉄製品を包んで容器の中に密閉し、250~400°Cに数時間加熱すると、亜鉛が鉄の中にしみこんで防しよく被膜をつくる。この方法をシェラダイジングという。

同じような方法で鉄にAlを焼きつけることをカロライジングという。Crを焼きつけるのはクロマイジングといわれる。

(4)よう金吹附法 金属をよう融すると同時に、高压のガスまたは空気で噴霧状にして品物に吹きつける方法で、メタリコンといわれる。

(5)その他 電気めっき法や合せ板などはよく知られている防しよく法である。鉄材には不しゅう鋼(不銹鋼)が合せ板に用いられている。

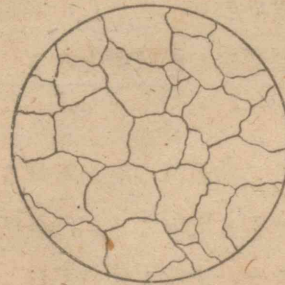
第2. 金属材料の概説

機械材料の大部分を金属および合金が占めているのはなぜであろうか。金属材料の一般的性質を考察して、その特長を考えてみよう。

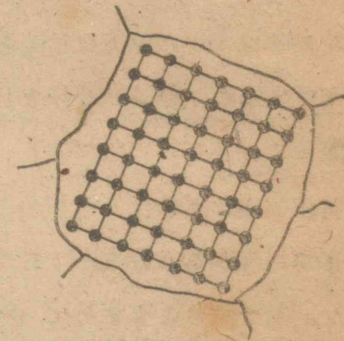
I. 金属の結晶組織と強さ

1. 金属の強くて粘り性質

(1)結晶組織 純金属の表面を平らにみがいて薬品で腐しよくすると、第2.1図のような網目状の組織がみられる。その一つ一つを結



第2.1図 金属の組織

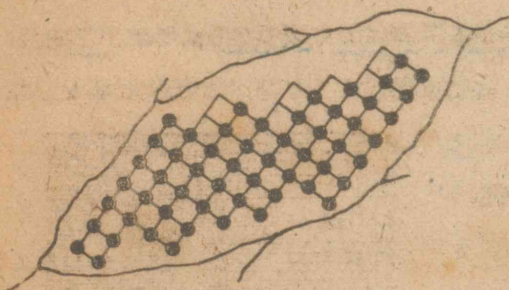


第2.2図 結晶構造

晶粒といい、その集合体を多結晶体といっている。一つの結晶粒の内部を、さらにX線でしらべてみると、無数の金属原子が第2.2図のように規則正しく排列していることがわかる。これを結晶構造といい、縦横高さのどの方向にも同じような規則正しい排列をもっているため、その骨組を空間格子といっている。

(2)加工による変形 材料に外力が加わると、空間格子にひずみを生じて変形する。しかし外力が小さいときには、格子の形がゆがむだけで、原子間の関係には変化がないので、外力を除けば空間格子

はもとの状態に帰る。これを弾性変形という。外力が大きくなって弾性変形の限度を超えると、第2・3図のように空間格子のある面に



第2・3図 すべり変形

沿ってすべりが起り、原子の位置が移動する。すべりが進むと、その面は粗雑になってすべりにくくなり、外力に相当したところで変形がとまる。

この場合には、外力を除

いても原子はもとの位置にはもどらないので、一貫した空間格子をもっているが、結晶粒全体としては変形した状態となる。これを塑性変形という。

材料が破壊するのは、力が加えられて結晶粒の境が離れるか、空間格子の一部がちぎれるかするためである。ところが、金属の空間格子は、ちぎれるよりまじめに、ある程度のすべり変形を行って、外力に対抗する性質がひじょうに大きい。これが金属が強く粘り原因であって、火造り・圧延・線引などで破壊することなく、自由な形状に加工できるのもこのためである。

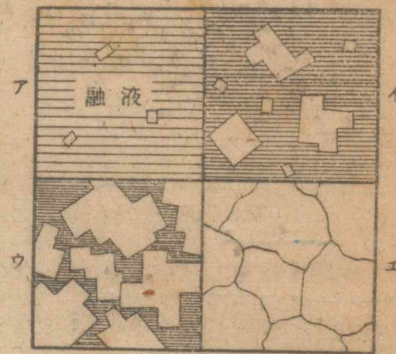
(3)強さの方向性 一つの結晶粒には、伸びやすい方向と伸びにくい方向とがあることがわかる。したがって一つの結晶粒では、強さも粘りも方向によって違うが、多結晶体では、各結晶粒ごとに空間格子の方向が違うために、全体的にみて金属材料はどの方向も同じ強さをもつもので、木材などと違う大きな特長である。いっばんに、結晶粒は微細なほど材料の機械的性質は優秀で、粗粒になるととく

に衝撃的な力に対してもろくなる。

2 鑄物はなぜもろいか

(1)凝固の状態 とけた金属を冷却すると凝固点(またはよう融点)で凝固する。その有様は、第2・4図のようにとけた状態ではまった

く不規則であった原子が、ところどころにごく小さい空間格子をつくり、これを核として、その周囲に規則正しい排列に原子が集合し、結晶として成長してゆく。そして隣りあった結晶が接触したところで成長がとまる

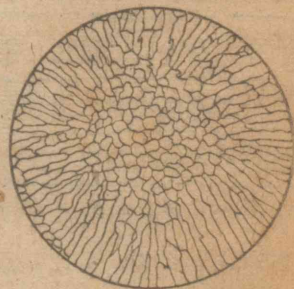


第2・4図 結晶の過程

ので、多角形の結晶粒ができ、

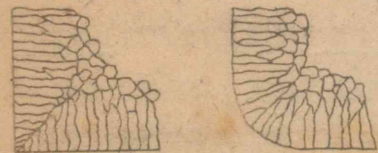
断面では網目の結晶粒界が見られるのである。

(2)鑄物の肉眼組織 しかし鑄造したままの結晶粒は、肉眼でも見られるくらいに大きいので、鑄物製品は概して強さも弱くもろいものである。とくに、鑄型に接触した部分から凝固がはじまるので、鑄物の肉眼組織を見ると、第2・5図のように周辺に生じた核から内部に向かって長く成長した柱状結晶が見られる。また鋭い角のある隅の部分では、第2・6図⑦のように両面からの柱状晶が出合ったひじょうに弱い境界線がで、第2・5図 鑄鉄の肉眼組織
きるのでいっそうもろくなる。このためには同図④のように丸みをつけることがよく、鑄型の角とりはこのために行う。肉眼組織は、



第2・5図 鑄鉄の肉眼組織

鑄物の形状冷却速度などによりいちじるしく違い、しかもすぐに鑄物の性質を左右するので、顕微鏡組織と同様に重要なものである。



第2.6図 すみ角の組織

いっばんに冷却速度の速いほど、組織はこまかくなるので、砂型より金型鑄物の方が丈夫である。

(3)鑄物の欠陥 鑄物のもろい他の原因としては、不純物が最後に

凝固する結晶粒界に集まること、湯中にとけこんでいたガスが凝固の際に放出されて、目で見えるほど大きな気ほう(気泡)(ス)やごく小さい無数のピンホールをつくることなどがある。また金属には、凝固に際して大きく収縮し、さらに室温に冷えるまでに相当収縮する性質がある。したがって、鑄型は鑄物の所要寸法より縮代だけ大きくつくってあるが、もし周囲だけ早く凝固してしまふと、内部にとざされたよう湯が凝固するとき、大きな収縮あなができる。また、肉厚の異なる部分や構造上収縮できない部分にはむりか起り、き裂を生じたり内部応力が残ってもろさを増す。

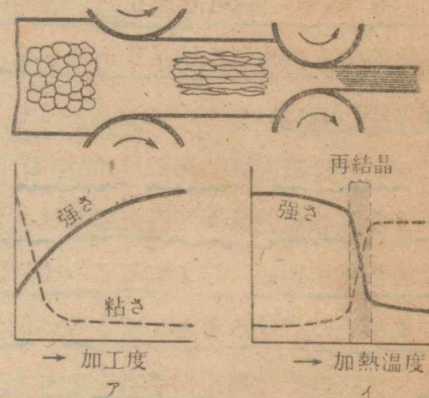
鑄造によって複雑な形状をもった機械部品が簡単につくられることは、金属材料の大きな特長であるが、操作が簡単なだけによい鑄物をつくるにはひじょうな技術を要する。

3. 火造品の組織と強さの変化

(1)素材 火造品に用いる材料も、はじめは角形または丸形柱状の鑄塊(インゴット)として鑄造されるので、粗大なもろい鑄造組織をしている。これを高温度で加工すると結晶粒は次第にこまかく改善されて、顕微鏡で見えるような細粒となり、小さいスなども密着され

て金属材料の強じん性を発揮するようになる。これを所要寸法に仕上げて、素材として市販されているので、簡単な機械部品は、素材からすぐ切削してつくることもできるし、複雑な形に火造りすることもよいである。

(2)常温加工と焼鈍し 鍛錬材の組織と強さは、加工の程度と加工温度によっていちじるしく違っている。常温附近の低温加工を行うと、第2.7図⑦のように加工度が進むにしたがって強さは増大し、粘さは反対に急激に減少する。これを加工硬化という。加工硬化された材料を加熱すると、その金属に特有な温度から急激に強さを減少し、粘さは回復して加工前の状態にもどる(同図⑧)。



第2.7図 加工および焼鈍しの影響

の温度を再結晶温度といい、加工材を加熱して、加工前の状態まで軟化することを焼鈍しという。このような現象は、板を折り曲げたり針金細工をするときによく経験することである。

(3)硬化の原因 顕微鏡組織を見ると、加工度が進むにつれて多角形の結晶粒は加工方向に細長く伸び、ついにはちょうど1本の糸のように細長くなって、すべての結晶粒がその方向にならぶようになる。このような組織を繊維組織といい、特殊な薬品で腐しよくと繊維のとあった方向が肉眼でも見られる。この際、結晶粒の内部では第2.3図の空間格子のすべりが起るが、変形が進むにつれて

しだいにすべりにくくなるのである。

(4)軟化の状態 このゆがんだ状態はひじょうに不安定なので、ひどく加工した材料をそのまま機械に用いると長い間に狂ってくることがある。いわゆるひずみ取りという低温焼鈍しを行うのはこのためである。しかし完全にひずみがとれるのは、さらに高い再結晶温度以上に加熱したときで、原子はまえの結晶粒とまったく無関係な、あたらしい結晶粒として正しい排列にならび変わる。したがって、顕微鏡でも多角形の結晶粒が見られ、強さや粘さももとの状態にもどるのである。

(5)高温加工 低温加工(冷間加工)に対して高温加工(熱間加工)というのは、再結晶温度以上における加工変形で、加工している間に焼鈍し作用がいっしょに起るので、硬化することなく所要の形状まで変形をつづけることができる。低温加工によって大きな変形を行うには、たびたび中間焼鈍しが必要である。

(6)加工の目的 まず第1に機械部品をつくるのに適した形状を與えることであるから、加工のような高温加工が行われるが、製品の精度、材料の加熱作業、加工機械の損耗などの点では低温加工の方が有利である。第2に材料の強さを増す目的で低温加工を行う場合がある。市販の板材・線材などに軟質・半硬質・硬質などの区別があるのは、加工度の差異によるものである。第3に結晶粒の調整を目的として、加工焼鈍しを行うこともある。高温加工では加工温度の低いほど細粒となり、低温加工では加工温度の大きなものを焼鈍しするほど再結晶粒は小さくなる。とくに低温加工度のごく少ない材料を焼鈍しすると、肉眼で見えるほどの大きな再結晶粒を生ずる

ことがあるから注意しなければならない。

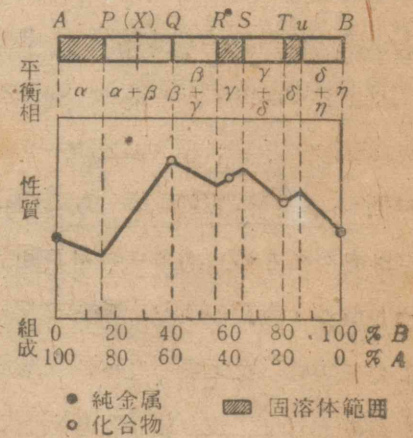
2. 合金の組織と性質

1. 合金にあらわれる相

(1)合金の種類 2種あるいはそれ以上の金属をいっしょによろ融すると、完全にとけ合って均一な液体となる。これを冷却してつくられたのが合金であって、合金金属の数(不純物を除く)によって二元合金・三元合金などといっている。たとえば、鋼(Fe-C)・黄銅(Cu-Zn)は二元合金、ニッケル鋼(Fe-Ni-C)・洋銀(Cu-Zn-Ni)などは三元合金である。現在つぎつぎに發明されるすぐれた合金には、ひじょうに多元合金が多い。

(2)相とはなにか 合金の顕微鏡組織を見ると、1種類の結晶が、純金属と同じように多角形の結晶粒をつくっているものもあり、2

種または3種の結晶が美しい模様をつくって密接に結合しているものもある。結晶の種類がいくつあるかによって、前者は一相、後者は二相・三相からなるといわれる。二元合金の全系にわたって考察すると、たとえば第2・8図のように、組成によって一相の範囲と二相の範囲とがある。二相範囲の合金は、ち

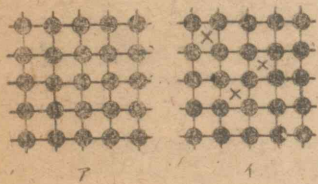


第2・8図 二元素の相と性質

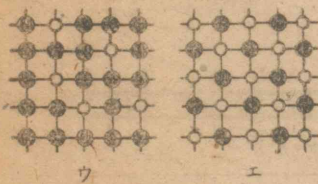
ょうどその範囲の両端にある組成の二相が共存し、しかも全体として、合金の組成をもっているので、二相の量的割合は、たとえばX

合金では α 相 : β 相 = $XQ : XP$ のように、そのへだたりに反比例している。

(3) 固溶体と化合物 合金にあらわれる相には、純金属(η 相)・化合物(β 相)・固溶体(α, γ および δ 相)などの固相があり、均一な融液もまた液相といわれる。化合物は、純金属とは別の結晶構造をもった空間格子に、両原子が簡単な整数比の割合で規則正しく排列しているので、(第2.9図㊸)。



ぜん異なり、しかもちょうどその組成の合金だけに均一な結晶粒の組織が見られる。固溶体は、ある組成範囲にわたって均一な結晶粒の組織が見られ、その結晶粒一つ一つがその合金の組成をもっている。



固溶体には、純金属を母体とするもの(α 相)と化合物を母体とするもの(γ, δ 相)とがあり、ちょうど水溶液のように

第2.9 図 相の種類

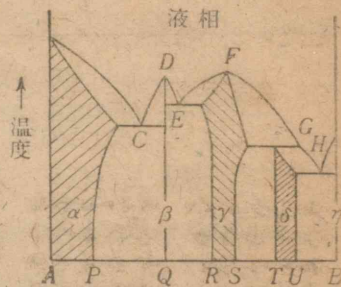
母体となる純金属または化合物の結晶中に余分の原子がとけこんだもので、母体の空間格子のすき間に、他の原子がはいりこんだ侵入型固溶体(図㊸)と、空間格子上の原子が一部入れ代わった置換型固溶体(図㊹)の区別がある。

(4) 性質の変化 一相範囲の極限を溶解限度といっているが、その範囲内の合金ではいろいろな性質が組成によって徐々に変化してゆく。二相範囲の合金は、組成によって共存する二相の割合が違うので、そのいろいろな性質も両相の性質をほぼ直線的に結んだ値をも

つことが多い。

2. 合金の組織と平衡状態図

合金における相の平衡関係は、温度によって違ってくる。合金の平衡状態図というのは、第2.10 図のように各温度で存在する相と組成の関係を示したものであるが、



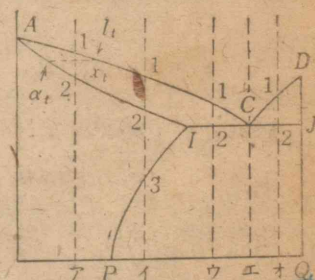
第2.10 図 状態図の例

同時にある組成をもった合金が、どのような相の変化を行って凝固するかがあきらかに示される。二相範囲の合金は、すべて同じ二相が見られるが、その顕微鏡組織は、組成によって凝固状態が違うために、いろい

ろな違った模様があらわれてくる。2,3 の合金をとってその組織を考えてみよう。

(1) 固溶体になる合金 第2.11 図の合金㊺は、 α 固溶体の一相範囲で、純金属とまったく同じ結晶粒の網

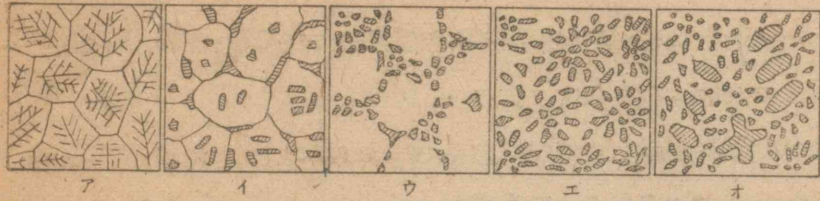
目をもっているが、凝固しはじめる温度を終る温度が①および②のように温度範囲をもっていることが純金属と違っている。すなわち、①より高温は液相、②より低温は固相 α 固溶体の一相範囲である。



第2.11 図 合金の凝固過程

①②の間は固液二相の平衡する半融状態である。たとえば x_1 の温度では、その温度における一相範囲の極限である液相 l_1 と固相 α_1 が、ちょうど $x_1\alpha_1 : x_1l_1$ の割合で存在している。したがって凝固のはじめとあわりとで、晶出する固溶

体の組成がしだいに違ってくるので、一つの結晶粒のうちでも凝固速度が早いと組成にむらが生じ、深く腐しよくと第2・12図の



第2・12図 合金の組織

⑦樹状組織 ①析出組織 ②亜共晶組織 ③共晶組織 ④過共晶組織

ような樹状組織が見られる。この樹状組織は、鑄造物の特長ある組織で、凝固後に高温で長時間加熱(均一化焼鈍し)すると、原子の拡散が起ってなくなり、性質もよくなる。

(2)析出の起る合金 合金①は①から凝固しはじめ②で α 固溶体の一相として凝固しおわるが、さらに温度がさがると、 α 固溶体の溶解度が IP 曲線のように減るので、③の温度以下では $\alpha+\beta$ の二相範囲にはいる。この場合、固体から固体が出るので析出といい、 α 固溶体の結晶粒界または結晶粒内に β 相(化合物の結晶)が見られる。

(3)共晶の見える合金 合金②も①の温度から α 固溶体を晶出しはじめ、②の温度でちょうど I の組成をもった α 固溶体と C の組成の液相が平衡している状態となるが、 C 点の液相はその温度で α 相(I)と β 相(J)とを同時に晶出する性質があるので、その温度で凝固をおわり、これより低温では $\alpha+\beta$ の二相平衡となる。したがって顕微鏡組織も、単独に晶出した大きな α 相と②の温度で同時に晶出した α, β 両相のこまかい組織とが見られる。前者を初晶、後者を共晶組織という。

合金③のようにちょうど C 点の組成をもった合金は、純金属と同じように一定温度で凝固し、全体が共晶組織を示している。

合金④は、合金②とまったく同じように考えられるが、初晶としては β 相が晶出してくる。

(4)状態図の読み方 このように AC 曲線からは α 相を、 CD 曲線からは β 相を晶出する性質があるので、その交点の C では、両相を同時に晶出することになる。この反応(液相(C) $\rightarrow\alpha$ 相(I)+ β 相(J))をその組織の上から共晶反応といい、合金③を共晶合金、これより合金元素の少ないものを亜共晶合金、多いものを過共晶合金という。 I, J 間の組成をもった合金の常温における組織は、すべてそれぞれの初晶と共晶が存在し、共晶組織の量は C 点で100%、 I, J 点で0となり、その間は直線的に変化している。一方、相として考えれば P 点の α 相と Q 点の β 相が共存している範囲であるから、初晶または共晶の α 相には、凝固後 IP 曲線に沿って析出した β 相が見られるはずである(実際には共晶の β 相と合体して区別しにくい)。各曲線はその性質から液相線(AC, CD)・固相線(AI)・溶解度曲線(IP)などといわれている。

3. なぜ合金が使用されるか

いっばんに合金をつくると、強さは増大するが延性・展性はわるくなり、可鍛性は低下する。しかし、融点は低下し可鑄性は良好となるのがふつうである。

(1)強さを増すため ごくわずかな合金元素が固溶体としてとけこんでも、結晶格子面に違った大きさや性質の原子がまじるので、変形に対する抵抗は大きくなる。合金元素が多量になって、かたくて

もろい化合物などがあらわれる二相範囲になると、いっそうその影響がいちじるしい。したがって鍛錬用合金には、強さを増すために可鍛性の許す範囲内でできるだけ合金元素が加えられるが、常温または高温における固溶体範囲内の合金がおもである。

(2) 鑄造しやすくするため 鑄物としては融点の低いほど作業がしやすくなり、凝固の温度範囲がひろいほど湯のまわりや落ちつきがよく、完全な製品が得られる。このために同種類の合金でも、鑄造用には合金元素を多量に加えた亜共晶合金がふつう用いられる。

たとえば、鋼と鑄鉄は同じ鉄と炭素の合金であるが、1150°C 附近で鉄に固溶する最大の炭素量 1.7% までを鋼といって鍛錬用に用い、共晶組成(4.3%)に近い 3~4% の合金が鑄鉄として鑄造用に用いられている。

(3) 熱処理ができるため 合金の組成によっては固体の状態でも温度によって組織が変化するので、加熱温度や冷却速度を変化し、いわゆる熱処理を行って性質を改善することができる。熱処理の可能な組成範囲には、温度によって溶解度のいちじるしく変化するものと、高温と低温でまったく違った固相を生ずるもの、すなわち変態をもった合金範囲とがある。軽合金および最近発達したすぐれた銅合金の組成は前者に属し、鋼は後者の合金範囲にはいる。

このように同じ合金系でも、組成によってその特色を異にするので、たとえば第 2・11 図においては、合金⑦はふつうの鍛錬用合金、合金⑧は熱処理可能な強じん合金、合金⑨は鑄造用合金として適している。

(4) そのほか、熱機関に必要な耐熱性、測定器に必要な剛性や温度

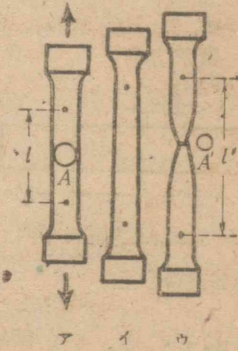
に対する不変性、化学工業方面の耐しよく性、通信関係の電気磁氣的性質など、それぞれ合金をつくることによって改良されるので、われわれはつねに適材を適所に使用するよう心がけなければならない。

3. 材料の強さと設計

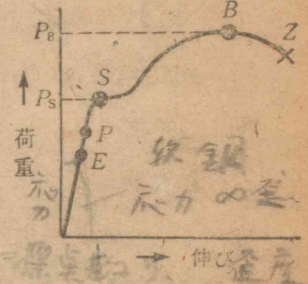
1. 設計の基礎となる抗張試験

材料の基本となる強さは抗張試験できめられる。第 2・13 図⑦のような横断面積 A と標点距離 l をもった試験片に荷重を加えて引張ると、はじめは

一ように伸びるが (同図①), 最高荷重 P_B に達すると一部にくびれを生じ、局部的にいちじるしく伸びてついに破断する (同



第 2・13 図 引張試験



第 2・14 図 荷重-伸び線図

図②)。その関係は第 2・14 図の荷重—伸び線図 (應力—ひずみ線図) としてあらわされ、つぎのような設計の基礎となる数値が得られる。

弾性限 (E)……荷重を除くと、もとの長さにもどる限界

比例限 (P)……伸びと荷重が比例する限界

降伏点 (S) $= P_s/A \text{ kg/mm}^2$ 伸びの急激に増す点、または 0.2% の永久ひずみを生ずる点

抗張力 (B) $= P_b/A \text{ kg/mm}^2$

破断点 (Z)

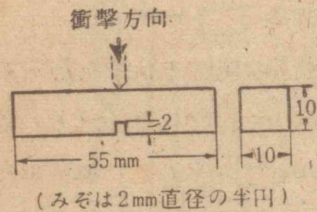
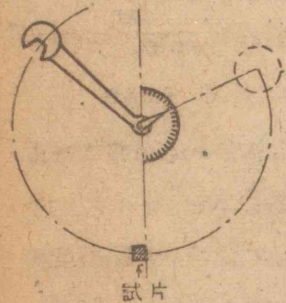
伸び $\delta = (l' - l) / l \times 100 \%$

絞り $\phi = (A - A') / A \times 100 \%$

なお、 l' は破断後の標点間のべだたり、 A' は破断面の面積で、伸び・絞りともに材料の粘さをあらわし、火造性にも関係するので材料の規格にもきめられている。

2. 規格にとられる衝撃試験と硬さ試験

(1) 衝撃試験 機械が十分強さにたえられるように設計されている



第 2・15 図 衝撃試験

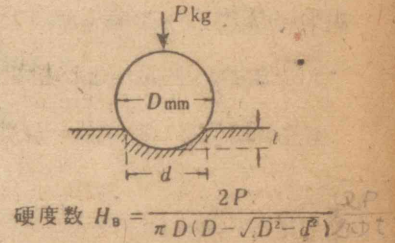
も、突然起る衝撃のために破壊することはよく経験する事実である。このもろさを測定して、材料の安全性を

たしかめるために衝撃試験が行われる。わが國の規格においてはシャルビー衝撃値が採用されている。第 2・15 図のように重い振子を一定の高さから振りおろして試験片を打ち折り、破壊に要するエネルギー (mkg/cm² であらわす) を反対側に振り上った高さからもとめて衝撃値とする。衝撃値の大きいものほど振り上りは低くなる。

(2) 切欠効果 試験片は、ふつう 1cm² の断面積をもち中央にみぞがつけられているが、みぞの底における丸みまたは角度が衝撃値にいちじるしく影響される。いっばんに材料に鋭角のすみがあると、くさびのような作用で應力が集中し破壊の原因になる。これを切欠効果といい、とくに衝撃値に対していちじるしい。材料によっても、

効果のいちじるしくあらわれるものと少ないものがあるもので、その程度を切欠効果の感受性として研究されている。

(3) 硬さ試験 規格にみるブリネル硬度数とは、10mm の鋼球を材料に押しこんだときに生ずるくぼみの表面積でその押込荷重を割った値で、kg/mm² の単位であらわされている (第 2・16 図)。押込荷重は鉄鋼では 3000 kg、銅合金 1000 kg、アルミニウム 250 kg がふつうであるが、厚さのうすいものには鋼球の直径と荷重を小さくして測定する。



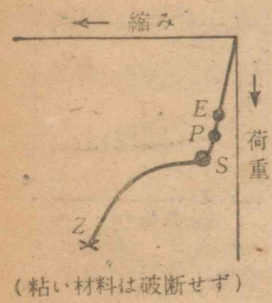
第 2・16 図 硬さ試験

硬さは、材料の変形に対する抵抗を測定するもっとも簡単な方法で、その値から抗張力をほぼ見当つけることができる。とくに、製品についても試験することが多く、個々の製品の良否、製品の場所による差異などを測定するのに便利である。このためには、押込あとをできるだけ小さくするように、ロックウェル硬度計・ビッカース硬度計・ショア硬度計などいろいろな硬度計がつくられているが、それぞれ別の硬度数としてあらわされるので、基礎となるブリネル硬度数との比較表ができています。

3. 圧縮および曲げ試験

(1) コンクリート・木材または鑄鉄などのもろい材料には、抗圧力がたびたび規格にあげられている。金属の圧縮試験においても、抗張試験の場合のように弾性限・比例限・降伏点などがあり、ほぼ同じ値を示している。しかし、圧縮の進むにつれて断面積はかえって増大するので、最大荷重はあらわれない。抗圧力は、破断点におけ

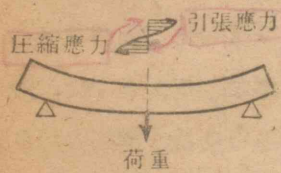
る荷重をもとの断面積で割った商としてもとめられる。荷重-縮み線図は第 2・17 図のようになる。



第 2・17 図 圧縮試験

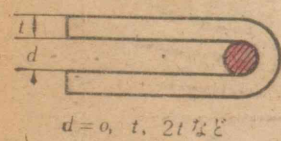
(2)はり(梁)や腕木などは曲げ応力が加えられるので、曲げ試験も材料の重要な試験の一つとされている。しかし材料を曲げた場合には、第 2・18 図のように断面によって応力が引張応力から圧縮応力にしたいに変わってくる。そして引張応力の最大な点が抗張力以上になると破断する。しだがって、

抗張力から計算によってもとめられるので、規格にはあまり用いられない。

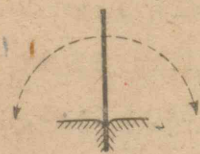


第 2・18 図 曲げ試験

(3)板材の規格にある曲げ試験は、第 2・19 図のように折り曲げて表面にき裂を生ずるかどうかを試験する。折り曲げる丸みの直径は、板の厚さの 1, 2 倍または密着などと所要の粘さに應じてきめられている。



第 2・19 図 板材の曲げ試験



第 2・20 図 線材の曲げ試験

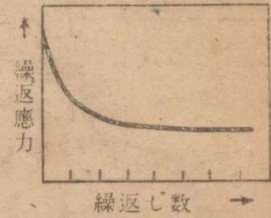
線材に対しても板材と同様の曲げ試験を行うが、90° ずつ左右にくり返して屈曲して、破断する

までの回数をとることもある(第 2・20 図)。

4. 材料の疲労現象とほふく現象(匍匐現象)

(1)疲労現象 回轉する軸や往復運動を伝える連接棒などは、引張・圧縮の両方向の力がくり返し加えられる。この場合、加えられる力

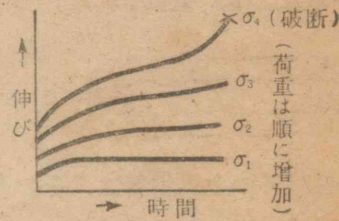
が材料の抗張力よりもはるかに小さくても、繰返し数が多くなるとついに破壊する性質がある。これを疲労現象といい、両方向に加えられる同じ大きさの力と破壊までの繰返し数との関係は、第 2・21 図のようになる。応力が小さくなるといちじるしく繰返し数を増して、 10^7 程度の繰返し数にたえる応力では、ほとんど永久に破壊しないと考えられるので、その最大応力を疲労限といっている。



第 2・21 図 疲労現象

(2)ほふく現象 ゴムひもに錘をつるしておくと、時間とともにゴムが伸びてゆく。金属材料も高温度で使用していると、長い月日の間に思わぬ変形が進行して狂いを生ずることがある。これをほふく現象またはクリープ現象といい、荷重が大きいとついに破断する。しかし荷重が小さくなるにつれてほふく速度は減る(第 2・22 図)。

ほふく限とは、はじめは時間とともに変形が進むが、しだいにその速度を減じ、ついにほふくの起らなくなるような最大荷重をいう。ほふく現象は、加工硬化材の加熱による軟化と密接な関係があり、各材料の軟化



第 2・22 図 ほふく現象

温度以上でみとめられ、再結晶温度以上ではとくにいちじるしい。ほふく限はその温度の抗張力よりもはるかに低い。

疲労限もほふく限も實際上重要な試験値であるが、決定にひじょうな時日を要するので、まだ設計に活用されるほど十分な実験結果

はないが、材料の選択上さかんに研究が進められている。

5. 安全率と規格について

機械を設計する場合には、材料の抗張力を安全率で割った商を許容應力とし、これから所要の寸法をみちびき出している。安全率は材料の種類と使用状態によって、経験上いろいろにとられている。これは疲労現象としてその一例を学んだように、加えられる力が複雑になると個々の力は小さくても破壊の原因となるからで、しかもその力と抗張力との比率が材料によって異なるからである。また、破壊しないまでもいちじるしい変形、すなわち狂いを生じないように設計しなければならない。そのためには、降伏点を活用すれば安全率を小さくして確実性をもたすことができる。なお安全率には、不意に起る荷重に対する安全性も含まれている。

材料自体の強さに対する信頼性は規格でおさえている。すなわち、規格に示された材料の強さは、その最低限度を示すもので、実際の材料はこれよりすぐれた性質のものが多い。

第3. 非鉄金属材料

鉄以外の金属材料は、その金属がもっているいろいろな特性を活用して、ひろく機械材料として用いられている。まず、いろいろな金属の特性をしらべ、つぎに機械材料としてどのような方面に使われているかをしらべてみよう。

1. 諸金属の特性

1. 諸性質の比較

金属にはいろいろな性質があるが、そのいくつかを比べてみると、

第3・1表のようになる。そのうち、おもに機械材料として用いられるのは Fe, Cu, Al であり、Ni, Mg, Zn, Pb, Sn などがこれについている。これらの主要金属はそれぞれの特長をもったすぐれた材料であるが、同時に安くて大量に利用できることが工業上必要である。

第3・1表に示してある地殻に含まれている割合は、そのすべてが

第3・1表 諸金属の性質

元素と記号	よろ融点(°C)	電気抵抗(Ωcm×10 ⁻⁶)	比重	モース硬さ	色	地殻中の含有率(%)
炭素 C	3600	4000	2.3		灰黒色	
タングステン W	3400	5.5	19.3	7.0	鋼灰色	5.5×10 ⁻³
モリブデン Mo	2620	4.8	10.2		銀灰色	7.2×10 ⁻⁴
白金 P/Pt	1774	10.5	21.4	4.3	白色	8×10 ⁻⁹
クロム Cr	1570	2.6	7.1	3.8	青白色	3.3×10 ⁻²
鉄 Fe	1530	10.6	7.8	3.0	灰白色	4.7
コバルト Co	1490	6.3	8.8	5.5	白色	1.8×10 ⁻³
ニッケル Ni	1455	7.2	8.9	3.5	銀白色	1.8×10 ⁻²
銅 Cu	1083	1.7	8.9	3.0	赤黒色	1.0×10 ⁻²
金 Au	1063	2.4	19.7	2.5	黄金色	1.0×10 ⁻⁷
銀 Ag	960	1.6	10.5	2.7	銀白色	4×10 ⁻⁶
アルミニウム Al	660	2.6	2.7	2.9	灰白色	7.5
マグネシウム Mg	650	4.5	1.7	2.0	銀白色	1.9
アンチモン Sb	630	39	6.8	3.0	白灰色	2.3×10 ⁻⁵
亜鉛 Zn	419	6	7.1	2.5	青白色	5.6×10 ⁻³
鉛 Pb	327	21.9	11.4	1.5	緑灰色	8.0×10 ⁻⁴
カドミウム Cd	321	7.5	8.6	2.0	黄白色	1.1×10 ⁻⁴
ほう鉛(蒼鉛) Bi	270	115	9.8	3.5	紅白色	3.4×10 ⁻⁶
すず Sn	231	11.4	7.3	1.8	淡黄色	6.0×10 ⁻⁶
水銀 Hg	-38.7		14.2			2.7×10 ⁻⁶

簡単に利用できるものではないが、Fe, Al, Cu などはとくに多量にあり、Pt, Au, Ag などの貴金属はとくに少ないことがわかる。

2. 分類とおもな用途

(1)高融金属 C, W, Moなどはよう融温度の高いことが特長で、Feに合金してその強さを増大するが、単独にも各方面に用いられる。すなわち、Cは電弧炉やアーク燈などの電極棒・電気抵抗盤など、Wは電球や真空管のフィラメントおよびよう接・よう断用の電極棒など、Moは高温抵抗炉の電熱線や真空管の支持線などに用いられる。W, Moを鑄造することはできないが、粉末をかためて圧縮し、これを高温に加熱すると焼結するので、これを注意深く圧延または線引して用いる。

(2)貴金属 Pt, Au, Agなどは、産出量が少ないと同時に大氣中で酸化せず、酸アルカリにもおかされにくいので珍重がられている。ふるくから金や銀は美術工藝品・貨幣・装身具・義歯などに用いられており、とくにわりあい安い銀は、高尚な食器類につくられている。工業方面に多く使われるのは白金で、標準の電気抵抗線、高温電気炉の加熱線、化学工業用容器および触媒などに用いられる。注射針や電気接点などは、白金に20~30%のイリジウムを加えてかたくした合金でつくられている。

(3)ニッケル 耐熱・耐しよく性の強い点では重要金属中第1で、化学工業その他にひろく用いられるが、高価なため多く合金として用いられる。ニッケル合金には、鉄との合金、銅との合金およびニクロムなどがある。

(4)銅および銅合金 鉄合金について強力であり、しかもさびにくく機械材料としてふるくから用いられている。とくに、熱および電気の良い良導体であることが特長で、はんだごてや電線などはこの特性

をそのまま利用したものである。

(5)軽合金 AlおよびMgは、比重が小さく軽いので軽金属といわれ、その合金を軽合金という。とくに、Al合金は軽くて強いだけでなく、融点が高いからダイ鑄造や押出加工などの大量生産に適する特殊な工作方法が利用できるのも、機械材料としての発達は近ごろめざましいものがある。またCuにつぐ熱および電気の良い良導体であり、なべ・かま・送電線などに用いられるのはこのためである。

(6)白色合金 Zn, Pb, Snその他の融点の低い金属やその合金を白色合金という。自動車の小型部品に用いるダイ鑄造合金、機械の運轉に欠くことのできない軸受合金、ヒューズなどの可よう合金、活字合金など、ほかの金属で代用できない特殊な用途をもっている。

(7)水銀 唯一の液状金属として、強電流の接続装置・整流器・高周波誘導電気炉などの電気機器に用いられる。水銀の合金をアマルガムといい、金銀の製錬そのほかにも用いられる。

2. 軽合金

「比重3以下の金属および合金を軽合金という」と定義している人もある。実際に、軽いということはどんな利益があるのであろうか。第3・2表にその例を示している。軽合金が重要視されるようになったのは、ジュラルミンが発見されてつぎつぎに強力な軽合金ができるようになってからである。さらに、鉄合金や銅合金ではできなかったあたらしい生産方式が利用できるようになってからである。

1. AlおよびAl合金の製造法

(1)製錬 アルミニウムの鉱石は、ボーキサイト・明ばん石などアルミナ(Al_2O_3)を50~70%程度多量に含むものが用いられる。

これから精製された純粋なアルミナを、氷晶石とともによう融して約 1000°C で電解するとアルミニウムが分離され、よう融状態で電

第 3・2 表 各種材料の強さ

種 類	比 重	抗 張 力 (kg/mm ²)	抗張力/比重	備 考
特 殊 鋼	7.8	100	12.8	Ni-Cr 鋼調質
軟 鋼	7.8	40	5.2	
鑄 鉄	7.2	25	3.5	高級鑄鉄
四 六 黄 銅	8.5	40	4.7	焼鈍し状態
青 銅	8.8	30	3.4	鑄 物
特 殊 青 銅	8.8	80	9.1	Ni 青銅焼入・焼戻し
アルミニウム	2.7	10	3.7	
ジュラルミン	2.8	40	14.3	焼入時効
エレクトロン	1.8	26	14.4	
木 材	0.9	12	13.3	アカガシ

解そうの底にたまる。このように、よう融状態の純金属を電解でつくる方法を乾式電解製錬法という。得られた Al の純度は 99.5% 程度のもので、さらに純度を高めるにはふたたび同じような乾式電解を行い、99.99% 以上の超純 Al もつくられている。これら新地金を一番地金といい、屑金を再製したものを二番地金という。二番地金には、97% ぐらいまで純度の低いものもある。不純物のおもなものは Fe と Si でふつう同量ぐらいはいつている。

(2)よう融鑄造 Al および Al 合金のよう融は、るつぼ炉(坩堝炉)または電気抵抗炉を用い、ごく多量の場合は反射炉を使用する。るつぼは鑄鉄製のものが多く用いられ、よう融中の酸化を防ぐために塩化亜鉛・ほう砂(硼砂)・食塩などの溶剤を加えて表面に液状の被膜をつくる。合金元素にはひじょうに融点の高いものが多いので、まえて Al-50% Cu, Al-20% Ni, Al-13% Si, Al-10% Mn

などの低温度でとける中間合金(母合金)をつくってこれを添加する。鑄造には砂型・金型・ダイ鑄造の方法がある。いっばんに砂型鑄物よりも金型鑄物の方が優秀である。ダイ鑄造は、よう融状態または半よう融状態から圧力を加えて金型に鑄こむ方法で、仕上を要しないほど表面が美しく、寸法も正確にできるし、組織も綿密なすぐれた製品を多量に生産することができる。

(3)加工材 加工用鑄塊は、ふつう厚さ 100 mm またはそれ以上に鑄造され、まず高温圧延で 4~10 mm に圧延し、つぎに低温圧延で所要の寸法の板または帯板に仕上げられる。その間に十数回の圧延と中間焼鈍しが必要である。ところが、棒材・管材・型材などは押出加工によっておもにつくられ、いちどに 2 mm 程度の肉厚のものにまで仕上げる事ができる。押出温度は Al で 450~500°C, ジュラルミンで 380~460°C ぐらいである。さらに線材・薄肉管材は引抜加工によってつくる。また、型材は帯板をしぼつてつくることもある。

このように、いろいろな製造方法が可能なのは Al 合金のよう融点が低いためで、銅合金ではダイ鑄造も押出加工も、黄銅についてようやく行われはじめたところである。

2. Al および耐しよく性 Al 合金

(1)Al の性質は純度によっていちじるしく異なり、99.5% 純度のもものは抗張力 8 kg/mm², 伸び 40% ぐらいであるが、超純 Al では 5 kg/mm² ぐらいにやわらかくなる。ひじょうに加工しやすく常温で 90% も圧延すると、抗張力 18 kg/mm², 伸び 4% ぐらいになる。これ以上うすくするには、350~400°C で中間焼鈍しをする。大

気中では、すぐすい透明な酸化被膜ができて、それ以上さびが進行しないので、圧延材はいつまでも美しい光沢をもっている。とくにしゅう酸(蓚酸)などの溶液中で電解処理を行い、表面に強い酸化被膜をつくと腐しよくおよび摩耗に強くなる。これをアルマイト処理といい、いろいろな色に着色することもできる。食器・じゅう器・装飾品にはアルマイト製品が多い。

(2)Al の耐しよく性は純度の高いものほど良好で、硫酸や硝酸にはわりあいに強いが、塩酸アルカリには弱く、とくに海水には速におかされる。Al に合金すると、がいして耐しよく性がわるくなるが、その程度は Cu, Fe がもっとも大きく、Mn, Si はわりあいに少なく、Mg はほとんどわるい影響がない。したがって、純 Al の耐しよく性を害さない程度に合金して、強度を高めたものを耐しよく性合金という。Al-Mn 系合金は 1~2% Mn を含み 10~14 kg/mm², Al-Mg-Mn 系合金では Mg, Mn とともに 0.8~1.5% ぐらいで 16 kg/mm² 以上、Al-Mg 系合金では Mg が 6~8% もはいると 30 kg/mm² 以上の強さが得られる。とくに Al-Mg 系合金(ヒドロナリウム)は軽合金のうちでも、もっとも軽く鍛錬がよいであり、耐熱性もあるすぐれた耐しよく性合金で、1% ぐらいの Si を加えることもある。

純 Al および耐しよく性 Al 合金は、燃料タンク・給油管その他海水に対する耐しよく性を必要とする構造材・機械部品に用いられる。

3. ジュラルミン系合金

ジュラルミン系合金には第 3・3 表のような種類がある。

第 3・3 表 ジュラルミン系合金

種 類	合 金 名	組 成 (%)						抗 張 力 (kg/mm ²)	伸 び (%)
		Cu	Mg	Mn	Si	Zn	Cr		
普通ジュラルミン	D ₂ , 178	4	0.5	0.5	0.3			40	15
超ジュラルミン	SD, 243	4	1.5	0.7	0.2			45	10
	DM31	4	1.2	1.2	0.6				
	C178	4	0.6	0.5	1.2				
超々ジュラルミン	ESD	2	1.5	0.5	0.2	8, 0.2		50	8

ジュラルミンの特長は、500°C 附近のとけはじめのちよっとまえの温度から水焼入して室温に放っておくと、時間とともにかたくなって数日後には焼鈍し状態の強さの 2 倍にも達する。これを常温時効硬化という。なぜこのような現象が起るのであろうか。

(1)時効硬化の原因 Al-Cu の二元系状態図は、ちょうど第 2・11 図のようなもので、共晶温度 547°C における Cu の最高溶解度 (I) は、約 5.5% であるが、常温ではずっと溶解度が減って P 点はほとんど純 Al に近くなっている。したがって、4% 程度 Cu を含んだジュラルミンはちょうど合金①に相当し、高温では均一な Al の固溶体であるが、温度がさがるとほとんどすべての Cu は CuAl₂ 化合物となって析出してくる。ところが固溶体の範囲から急冷すると、析出する余裕がないので 4% の Cu を固溶したまま常温までさがって失い、室温で長い時間かかって析出しようとする。このために時効硬化現象が起るので、硬化するが粘さを失わないのが常温時効の特長である。このため時効後圧延して、さらに強さを増すこともできる。

(2)ジュラルミンの種類 第 3・3 表において普通ジュラルミン

(D₂) は、はじめてこの現象が発見された歴史的合金であるが、いまもひろく使用されている。超ジュラルミン(SD)は、さらに Mg 量を増して常温時効性を大きくしたもので、超ジュラルミンの代表的なものであるが、Al 地金が不純になって、Si および Fe が多量になるといちじるしく性能がおちる欠点がある。このために不純地金にも適する特殊な超ジュラルミン(DM31 および C17S など)もある。超々ジュラルミン(ESD)は、Zn を含むことが特長でひじょうに強力ではあるが、長い月日使用している間に割れやすくなる欠点がある。これを時期割れといい、少量の Cr を入れて防止できることがわかったので、最近ひろく用いられるようになった。

4. 押出材・合せ板・びょう材(鋳材)

(1)押出材 ジュラルミンは棒・管・型材・板などにつくって、家具や車体などの骨組、けたわく(桁枠)・外装板などに用いられる。棒状のものは、とくに押出加工材が喜ばれるが、これは押し出したままの材料は、火造材よりも焼入時効後の強さがいちじるしく大きいので、これを押出材の特性という。押し出したのち低温加工するとこの特性はなくなる。

(2)合せ板 ジュラルミン系合金は、強力ではあるが耐しよく性がわるく、とくに結晶粒の境に食いこんでおかされるので、いちじるしく強さを減ずる。これを防ぐには合せ板が有効である。合せ板は圧延まえのジュラルミン系合金に、その厚さの 5% ぐらいの厚さの純 Al または耐しよく性 Al 合金を両側に重ねて、いっしょに高温圧延してつくる。1mm の板にすれば、両面に 0.05mm 程度の耐しよく性のうすい層ができて防しよく作用をするのである。耐し

よく性は純 Al の方が良好であるが、7% 程度強さを減少する。

(3)びょう材 Al 合金はよう接やろう接(鑲接)がむずかしいので、びょうづけされる。びょう材には Cu, Mg の少ない軟質ジュラルミンが用いられるが、合板のびょうづけには 5% Mg 程度の耐しよく性 Al 合金が用いられる。

5. 耐熱用 Al 合金(Y 合金)

Y 合金は Cu 4%; Mg 1.5%, Ni 2% 程度の合金で、耐熱 Al 合金として火造り・鑄造の両方に用いられる。おもな用途はシリンダヘッドやピストンなどである。なお、鑄造用合金シルミンに Ni, Cu, Mg をそれぞれ 1% 程度加えた合金、Al-Mg 系耐しよく Al 合金も耐熱性が大きいので、この目的に用いられる。

6. 鑄物用 Al 合金

(1)シルミン Al に 13% 程度の Si を加えた合金は、ちょうど Al-Si の共晶組成に近いので鑄造性がよく、好んで自動車機関の主要部分に用いられる。とくに鑄込まえに 0.1% 以下の少量の Na を加えると、組織が微細になり、18~23 kg/mm² の抗張力が得られる。これを改良シルミンという。シルミンに 0.5% 程度の Mg と Mn を加えたものはシルミン β といわれる。鑄造状態ではふつうのシルミン(シルミン α と同じ)とあまり変わらないが、熱処理がきき、520°C から油焼入して 170°C に 2 時間焼き戻すと 25~30 kg/mm² の強さになる。シルミン β を熱処理したものをシルミン γ という。

(2)Al-Cu系合金 Al に 5%, 8%, 12% のいろいろな割合に Cu を合金したものが鑄物用に用いられるが、中でも 8% Cu はア

メリカ合金といわれ、アメリカにおける Al 鑄物の大部分を占めている。ヨーロッパ諸國では同程度の強さがあり、その上廉價な合金として Cu 2~5%, Zn 8~12% の Al-Cu-Zn 系合金がひろく用いられている。Cu 4%, Si 2% の Al-Cu-Si 系合金は、前者より鑄造性がよく複雑な形状の部品に適する。いずれも鑄造のままでは抗張力 12~20 kg/mm² であるが、焼入・焼戻しすると 20~30 kg/mm² となる。歯車室・曲軸室などの構造用部品に用いられる。

Al 鑄物には砂型・金型・ダイ鑄造の 3 種があるが、その順に組織が密になり、機械的性質はよく、とくに熱処理効果が大きくなる。ダイ鑄物では、写真機・蓄音機などの小物部品が多量につくられている。

7. Mg の製造法と工作法の注意

(1) 製錬 Mg はマグネサイト・ドロマイトなどの鉱石としてあるほかに、海水中にも微量ながらあるので、製塩の際に生ずるニガリもまた Mg の原料となる。これらの原料から塩化マグネシウムをつくり、NaCl, KCl などとともによう融して 700~800°C で乾式電解製錬を行う。析出した Mg は電解よう液の表面によう融状態でうかぶので、これをくみ出して鑄塊をつくる。さらに純度を高めるには鉄るつぼの中で再よう融して精錬するか、真空蒸りゅうして精製する。前者では純度 99.9%, 後者では 99.99% のものが得られる。

(2) よう融鑄造 Mg は酸化・窒化のはげしい金属であるから、よう融鑄造には特別な注意を要する。よう融は鉄るつぼを用い、水素または亜硫酸ガスを送るか、塩化物の溶剤を用いて空気にふれずに行い、725°C 以上にはのぼらないように注意する。Mg は水を分解

する性質があるので、鑄型はふつう 200~250°C に予熱した金型を用いる。砂型の場合は、十分に乾かした乾燥型を用いるか、砂に硫黄とほう砂を 4% ぐらいまぜてつくった特別の生型が使用される。Mg のダイ鑄造は、最近ようやくさかんになり、よう融炉と鑄造機を直結して酸化を防ぐように設計されたものもある。

(3) 加工 Mg は、常温ではほとんど加工がむずかしいが、300°C 以上の温度では火造り・圧延・引拔・押出などの加工ができる。切削加工は、ひじょうによういで高速度の切削もできるが、工作中に過熱すると切粉から発火して危険であるから、石油と豚油を混合した切削油を用いて、注意して行う必要がある。

8. Mg および Mg 合金

(1) Mg は比重 1.74、抗張力は鑄物で 9 kg/mm²、鍛錬材で 18 kg/mm² 程度で、軽合金としてすぐれたものであるが、伸びは 5~8% で常温加工ができないのが欠点である。大気中ではうすい酸化被膜ができて、その後の変化を防止するが、蒸りゅう水中でも相当におかされ、海水・酸類にはとくに弱い。その他工作上の難点など Mg には多くの欠点があり、しかも Al より高價であるので、現在までわりあいに発達がおくっていたのである。しかし、耐しよく性は少量の Zn, Mn, Cd を加えると相当によくするし、強さは Al を合金していっそう増大できるので、今後の発展が期待されている。

(2) Mg 合金 第 3・4 表はおもな Mg 合金である。ふつうに Mg-Al-Zn 系合金をエレクトロン、Mg-Al 系合金をドウメタルといっている。現在は客車用潤滑油ポンプやさく岩機(鑿岩機)のモーターケース、その他自動車用部品などの鑄物製品が多く用いられ

ている。

第 3・4 表 Mg 合金

合 金	Al (%)	Mn (%)	Zn (%)	抗 張 力 (kg/mm ²)	伸 び (%)	
鍛 錬 用	Mg—Al—Zn系	5.0~7.0	0.1~0.5	<1.5	22~26	8~10
	Mg—Al 系	5.0~11.0	0.1~0.5	<1.0	26~30	5~7
	Mg—Mn 系	<0.5	0.5~2.5	<0.5	18~20	2
鑄 造	Mg—Al—Zn系	3.5~6.5	0.1~0.5	2.5~3.5	>18	>5
	Mg—Al 系	8.0~11.0	0.1~0.5	—	>15	>1
用 ダ イ 鑄 物		8.0~11.0	0.1~0.5	0.2~1.0	>15	>1

3. 銅および銅合金

銅および銅合金は、鉄鋼と同じようにふるくから使われている金属材料で、その種類もひじょうに多い。黄銅(Cu—Zn 合金)や青銅(Cu—Sn 合金)はもっともふい歴史をもっているが、中でも青銅は太古の銅器時代から使われていたらしく、古墳から出るおの・矢じり・器物などは 10~20% の Sn を合金した青銅である。近世になって鉄の利用がさかんになってからも、空気中でさびにくく鑄造や加工のよいな点で銅合金が喜ばれ、今も残っている大佛・つりがね・手鏡などはすべて青銅でつくられている。このように銅合金には青銅が有名であるので、近ごろ Sn を含まない Cu に Ni, Al, Si, Mn などはいったすぐれた合金が用いられるが、これもニッケル青銅・アルミ青銅などといっている。以前は黄銅・青銅などに、少量の合金元素を加えて強度や加工性・耐しよく性などを改良した合金が多かったが、最近は鋼のように変態を利用したり、軽合金のように時効を利用する熱処理用合金が、高力銅合金として使われる

ようになった。

1. 銅の性質と用途 (電線用銅合金)

(1)銅の製錬 銅は自然銅として産出するものもあるが、多くは黄銅鉱(CuFeS₂)・輝銅鉱(Cu₂S)などの硫化物や赤銅鉱(Cu₂O)などの酸化物として存在する。これをよう鉱炉でよう融製錬すると、硫化銅は中間生成物のマツト(かわ)(Cu₂S+FeS)となり、岩石類はスラグ(からみ)(FeO+SiO₂)として分離される。このマツトを、さらに轉炉に装入して、空気を吹き込み、酸化製錬すると粗銅が得られる。粗銅は 2~3% の不純物を含むので、これを電解して高品位の電気銅をつくる。

(2)性質および用途 純銅はこまかいピンホールができて鑄物には適しないが、常温・高温ともに加工がよいので、棒・管・線・板などにしてひろく用いられている。焼鈍材の抗張力は 22~25 kg/mm² 伸び 50~60% であるが、低温圧延すると強度を増し、ふつうに硬質銅板といわれるのは 28 kg/mm², 15% 以上となる。電線に用いられるのは 40% 程度の大きな加工を興えたもので、35 kg/mm² の強さになるが、伸びは 5% 程度に減る。電導度も加工によりいくらかわるくなる。常温加工材は 250~350°C で軟化するが、ふつう焼鈍しは 600°C 附近で行われ、高温加工は 800°C 附近で行うが、1000°C 以上に加熱することは、酸化がはげしくもろくなるからさげなければならない。

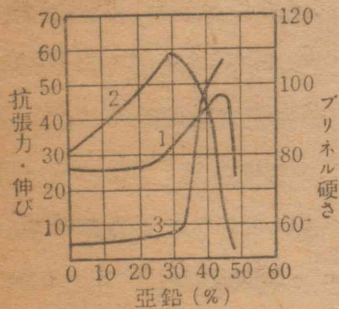
銅はまた熱傳導がよいので、機関車の火室や汽かん用管などに用いられ、やかん・銅つぼなどの家庭用器にもつくられる。銅は無機塩類にはわりあいに強いが酸類には弱く、炭酸ガスにあうと、人体

に害のある緑青を生ずるので注意を要する。

(3)電線用銅合金 送電線にはふつう $35\sim 45\text{ kg/mm}^2$ の硬質純銅線が用いられるが、架空電線・電車線などには 1% Cd を含むカドミウム線、 1% Sn を含み Si または P で脱酸したけい銅線(珪銅線)またはりん青銅線が用いられ、 $45\sim 55\text{ kg/mm}^2$ が得られる。さらに強力を要するものには $2\sim 6\%$ Sn の青銅、 3% Ni、 0.8% Si の C 合金(コルソン合金)などが利用されるが、電導度は強さを増すほどわるくなる。

2. 黄銅

黄銅は Cu と Zn を主成分とする合金で、第 3.1 図のように、



第 3.1 図 黄銅の機械的性質
①抗張力(kg/mm²) ②伸び(%)
③ブリネル硬さ

組成によってその性質がいちじるしく変化している。Cu に Zn を合金すると、強さも粘さも増加するが、抗張力は 45% Zn、伸びは 30% Zn で最大値をとり、それ以上 Zn がはいると強さがおち、粘さも減少していちじるしくもろくなる。機械材料として用いられるのは 45% Zn 以下の合金で、つ

ぎの 4 種がある。

(1)Zn $8\sim 20\%$ (トムバック) その色をもっとも黄金色に近いので、各種装飾品・金ばく(金箔)代用などに用いられる。機械材料としては、鍛錬材にはあまり用いられないが、鑄物として 13% Zn 程度のものが電気用具・弁などに用いられている。抗張力は $17\sim 22\text{ kg/mm}^2$ 、伸び $20\sim 25\%$ である。

(2)Zn $25\sim 35\%$ (七三黄銅) 伸びの最大な合金で、高温加工よりも低温加工の方がよいである。焼鈍材で 30 kg/mm^2 、 60% 、加工すると $40\sim 50\text{ kg/mm}^2$ 、 25% 以上の強さが得られる。電球のソケット・黄銅線などのように、加工のはげしい複雑な形の加工品に用いられる。

(3)Zn $35\sim 45\%$ (四六黄銅) もっとも強力な黄銅で、強力な機械部品や市販の黄銅板・黄銅棒などは四六黄銅が大部分を占めている。ほとんど高温加工が行われ、焼鈍材では 40 kg/mm^2 、 45% の強さがあり、仕上加工を低温で行った硬質黄銅板は抗張力 48 kg/mm^2 以上、伸び 15% 以上と規定されている。

(4)Zn $30\sim 40\%$ (黄銅鑄物) いっぱんに流動性がよく、精密な鑄物ができる。 35% Zn が標準の組成で、 2.5% 以下の Pb を加えて切削性を増すこともある。抗張力 $22\sim 28\text{ kg/mm}^2$ 、伸び $23\sim 33\%$ 程度である。

(5)組織 ふつうに七三黄銅のことを α 黄銅ということもあるが、これは Zn が全部 Cu の中に固溶して α 固溶体をつくっているからである。四六黄銅では、Zn の溶解度が 38% までであるから、 α 相のほかに β 相があらわれた二相組織がみられる。この β 相は、温度の高くなるにしたがって 450°C 附近から急にその量を増し、 800°C 以上では均一な β 相だけになって α 相がなくなってしまふ。このように、四六黄銅では相の変化があるので、加熱温度や冷却速度によってもその性質が多少違い、 450°C 附近で焼鈍しをしたものをもっともやわらかくなる。

(6)時期割れ(自然割れ) 黄銅には時期割れといって、低温加工を

受けた部分に局部的に腐しよくが進行し、長い月日の間に割れ目を生ずる性質がある。これを防ぐには 300°C 附近で低温焼鈍しをする。この性質の有無は、第一硝酸水銀の水溶液に、15分ぐらいひたして試験し、割れを生じなければ安全である。

3. 特殊黄銅

黄銅の性質を改善するために、他の元素を少量加えたものが特殊黄銅である。そのおもなものをあげるとつぎのようなもので、おもに四六黄銅に加えたものが多い。

(1)鉛入黄銅(ひき物用黄銅) 2% 以下の Pb を加えると、黄銅の切削性を増し、仕上が美しくなるので、精密加工に適するようになる。Cu 60%, Zn 38%, Pb 2% のひき物用黄銅は、時計の歯車やねじなどに用いられる。

(2)すず入黄銅(ネーバル黄銅) 1% 程度の Sn がはいると、海水その他に対する耐しよく性がよくなるので、船舶・鉱山用機械器具に用いられる。四六黄銅に 1% Sn を加えたものがおもにネーバル黄銅といわれ、鑄物では 33~50 kg/mm², 20~40%, 鍛錬材では 40~55 kg/mm², 55~15% の強さがある。七三黄銅に 1% Sn を加えた合金は、アドリラルチー黄銅といわれる。また、トムバックの黄金色をいっそう美しくするため 1% Sn を加えることもある。

(3)マンガン青銅その他の高力黄銅 高力黄銅は、いっばんに強さを増すためにつくられた特殊黄銅であるが、とくに Mn が有効であるためにマンガン青銅ともいわれる。また、ふるくから使われていたものに 1~2% の Fe を含む鉄入黄銅があり、デルタメタル・ジュラメタルなどといわれている。近くは Al, Si などを脱酸程

度から 2% 近くまで合金したアルミ黄銅・けい素黄銅、また 2% 以下の Ni を含むニッケル黄銅などがある。しかし現在は、これらを単独に使用することは少なく、Cu 55~60% の四六黄銅に、これらのいろいろな元素を組み合わせて添加したものを特殊高力黄銅という。鑄物としては、船舶用推進器やポンプなど、火造品としてはボルト・ポンプ用ピストン棒・ばねなど各種機械部品に用いられる。強さは第 3.5 表に示す。

(4)シルジン青銅 4% 程度の Si を 20% Zn 以下の黄銅に加えたものをシルジン青銅といい、強く耐海水性のすぐれた合金が得られる。鑄物としても砲金にまさり、火造性もよいから、船舶・鉄道その他にひろく用いられている。第 3.5 表の 2 種の組成の合金がおもに用いられる。

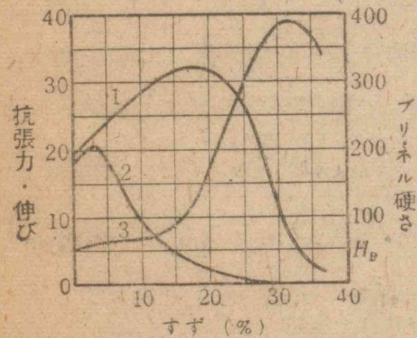
第 3.5 表 特殊高力黄銅

合 金	Cu(%)	Zn(%)	その他(%)	状 態	抗 張 力 (kg/mm ²)	伸 び (%)
マンガン青銅 (高力黄銅)	55~60	35~40	Mn<1.5, その他	火造り	50~65	20~35
			Mn<4.5, その他	火造り	60~75	18~30
			添加金属 <5	鑄 造	40~60	15~30
シルジン青銅	85~87	9~11	Si=4	火造り	45~60	40~60
				鑄 造	40~45	25~45
			Si=4.5	火造り	60~80	20~40
	79~81	14~16	Si=4.5	鑄 造	45~60	15~25

4. 青銅およびりん青銅

青銅は、Cu に Sn を主成分として合金したもので、その鑄造性のよいこと、強度が大で摩耗や腐しよくに対する抵抗の大きいこと

色合の高尙なことなどの特長から非金属鑄物の代表的なものである。この場合、脱酸剤として P を用い、流動性を増すために Zn を加えることが多い。また黄銅では、強度・耐しよく性のたりのない部品には、りんで脱酸した青銅を鑄造後 550~600°C に焼鈍してから低温加工を行った鍛錬材が用いられる。このように、ふつうの青銅も、りんで脱酸されるから、りん青銅といわれることもある。第



第 3・2 図 青銅の機械的性質
① 抗張力(kg/mm²) ② 伸び(%)
③ ブリネル硬さ

体となり、強じん性をもってくる。

(1)青銅鑄物(砲金) Sn 8~12% を含む青銅は、ふるくから砲金といわれ機械鑄物に用いられている。ふつう 2% 以下の Zn を加えて湯流れをよくしているが、あまり強さを必要としない鑄物には、Sn の代りに Zn を多くして値を安くし、さらに古地金からはいってくる不純物、とくに Pb の量のある程度許している。第 3・6 表は青銅鑄物の日本標準規格で、第 2 種ないし第 4 種が、齒車・弁・ポンプなどの水圧・摩擦・腐しよくにたえる機械部品に適している。第 1 種は安價な一般用鑄物であるが、高圧・高温には適当しない。

3・2 図は、青銅の機械的性質を示すもので、機械材料としては、6~12% Sn の範囲が多く用いられる。この範囲は、ちょうど固溶体範囲内にはいり、鑄造したままでは、かたくてもろい化合物の δ 相がまじってくるが、焼鈍しすると δ 相がなくなって、均一な Cu に Sn のとけた固溶

第 3 種はふつう 22~35 kg/mm², 10~30% の強さがある。

第 3・6 表 青銅鑄物

種 類	Cu(%)	Sn(%)	Zn(%)	Pb(%)	不純物 (%)	抗張力 (kg/mm ²)	伸び (%)
第 1 種	90±2.0	4±2.0	6±3.0	—	<3.0	>17	>10
第 2 種	89±2.0	7±1.5	4±2.0	—	<2.5	>18	>10
第 3 種	1 号	88±1.5	10±1.0	2±1.0	—	>22	>10
	2 号	88±1.5	10±0.5	2±1.0	—	>22	>10
第 4 種	86±1.5	12±1.0	2±1.0	—	<0.75	>22	>3.5
第 5 種	1 号	85±2.0	10±1.0	—	5±1.0	<1.5	
	2 号	80±2.0	10±1.0	—	10±1.0	<1.5	
	3 号	77±2.0	8±1.0	—	15±1.0	<1.5	

(2)りん青銅鑄物は、9~12% Sn に 0.3~1% P を加えて摩擦性と耐しよく性を増したもので、かさ齒車・ウォーム・ピストンリングなどに用いられる。

(3)軸受用青銅 13~15% Sn を含む青銅は、やわらかい α 固溶体の樹状晶の周囲を、かたい δ 化合物が埋めた組織をもっているのので、鑄造状態でそのまま軸受として用いられる。第 3・6 表の青銅鑄物第 4 種は、ふるくから工作機械の軸受として用いられていたものであり、第 5 種はこれに Pb を入れて摩擦係数を小さくしたもので、高速度・高荷重の軸受に適する。この鉛入青銅または 1% 以下の P を加えた鉛入りん青銅は、発電機や圧延機などの軸受に用いられている。

ケルメットは Cu 60~80%, Pb 20~40% の鉛銅合金であるが、鉛入青銅よりさらにやわらかで、熱傳導率もよく、高速度の発動機などに最近ひろく使われている。ふつう 1% ぐらいの Ni または

Ag を加えて鑄物を均一な組織にする。表面に Ag メッキをすると、さらにその性能をあげることができる。

(4) 鍛錬用青銅は 6~10% Sn の範囲で、合金にははいらぬが P で脱酸されている。また 0.3% 以下の P を合金して、強さとくに弾性を高めたものもあり、ひろい意味でのりん青銅である。耐しよく性を要する弁・船底用板、弾性を要するばねなどに用いられる。強さは焼鈍材で 25~35 kg/mm², 40~50%, 半硬材で 40~50 kg/mm², 15~20%, 硬材では 70~90 kg/mm², 1~5% となる。

(5) 美術用青銅には、3~8% の Sn が含まれている。その他 Zn は湯流れをよくし、表面の模様をよく出すために、Pb は鑄造後の加工をよいにするために適当に加えられる。ふつうの貨幣や賞はい(賞牌)などには Zn 0.5~1.5%, Pb 1~3%, 銅像や置物などには Zn 1~12%, Pb 5~15% も加えられることがある。つり鐘や鈴などの音色を選ぶものには、15~25% Sn, 手鏡のように硬さを要するものには、32% 近くの Sn が入れられる。32% Sn の青銅はちょうど硬い化合物 δ 相 (Cu₃Sn) の組成に相当し、色もまったく白色である。

5. 特殊青銅

ふつうに特殊青銅といわれるものには、まえに学んだりん青銅・鉛青銅・マンガン青銅・シルジウム青銅なども含まれているが、ここでは Sn, Zn を主体としない Al 青銅・Ni 青銅その他についてしらべてみよう。これらの特殊青銅は、熱処理がきくことが特長である。

(1) アルミウム青銅 Cu に Al を合金すると、抗張力も伸びも

増加し、とくに耐しよく性がよくなる。伸びは 5~7% Al で最大となり、抗張力は 9~11% Al で最大となるが、それ以上は減少する。機械材料として用いられる Al 青銅は、5~8% Al と 9~11% Al との 2 種類に分けて考えられる。

5~8% の Al 青銅 (92~95% Cu) は、焼鈍材で抗張力 30~45 kg/mm², 伸び 60~70% であるが、これを常温加工すると 100 kg/mm² に近い大きな強さが得られる。色が美しく加工がよいであるので板・棒・線などにつくられ、プレス製品やばねなどに用いられる。アルミニウムといわれるようにふつう黄金色をしているから装飾品としても使用される。

9~11% の Al 青銅は、600°C 附近から水焼入または空中放冷すると、抗張力 50~60 kg/mm², 伸び 25~35% のもっともすぐれた状態が得られる。これは鋼の場合の A₁ 点と同じような共析変態点が 572°C に存在するためである。これより低温では、強さも伸びも減少し、高温では焼きがはいりすぎて、抗張力は増すが伸びが減少する。鑄物の場合も、早目に型から取り出して、空中冷却をした方が結果はよく、砂型より金型の方がはるかにまざっている。常温加工も、焼鈍し後急冷したものには可能であるが、相当むずかしく、600~900°C で高温加工するのがふつうである。耐しよく性がいちじるしくよくなるので、ポンプ・ピストン棒・食卓用ナイフ・フォーク・皿などに用いられる。

(2) 特殊アルミウム青銅 9~11% の Al 青銅に Fe, Ni, Mn などを加えて組織をこまかくし、なお変態が起りにくくしたものを特殊 Al 青銅という。各元素とも多いときは 4~6%, 少ないときは

1%程度が加えられ、その種類もたくさんあるが、がいして強じん性に富み、耐摩耗・耐腐蝕・耐熱性が大きく、大型の鑄物にも適することが特長である。ふつう 500°C 附近から空中冷却した状態、または 750°C 附近から水焼入し、適当に焼戻しをした状態で使用され、抗張力 70~90 kg/mm²、伸び 10~25% が得られる。9~11% の Al 青銅は鋼における 0.2~0.6% 炭素鋼に相当し、特殊添加元素は特殊鋼における Ni, Cr のような役目をするものと考えられる。8% Al 以下の Al 青銅は、Al が Cu の中に全部固溶するので、熱処理による変化はない。

(3) ニッケル青銅 強じん性に富み、海水や蒸気に対する抵抗力も大きな特殊青銅である。ふつう 10% Ni, 3% Al, 87% Cu の合金が標準の組成で、850°C から水焼入し、600°C に焼き戻すと 65~85 kg/mm²、25~35% の強さが得られる。この合金はジュラルミンのように、溶解度の変化を利用して熱処理するもので、焼入したときに、Cu の中に過飽和に固溶していた化合物の NiAl が、焼戻しをしたときに析出して強じん性を増すのである。鑄物でも熱処理すると 55~65 kg/mm²、12~25% の強さになる。

そのほかコルソン合金 (Ni 3%, Si 0.8% の Cu 合金)・ベリリウム青銅 (2~3% Be の Cu 合金) なども、ニッケル青銅のように適当に焼入・焼戻しすれば、100 kg/mm² 以上の強さが得られる高力特殊青銅である。

6. その他の銅合金

(1) Cu-Ni 合金 すべての配合にとけ合って均一な固溶体をつくるので、常温加工も高温加工もよいうで各種有用な合金がつけられ

ている。

(イ) 白銅 (20~25% Ni-Cu 合金) 大気中で変色しないので、貨幣や自動車の放熱器などに用いられている。

(ロ) 洋銀 (12~22% Ni, 18~30% Zn, 55~65% Cu 合金) 美しい銀白色をなし耐しよく性も大きいので、装飾用器具や家具食器類をはじめ精密機械部品にも用いられる。焼鈍材の強さは 40 kg/mm²、30% ぐらいで、常温加工はよいうであるが高温加工はむずかしい。また電気抵抗が大きいので抵抗線に用いられる。

(ハ) コンスタンタン (40~45% Ni-Cu 合金) 高温測定用の熱電対や抵抗線などに用いられる。

(ニ) モネルメタル (60~75% Ni-Cu 合金) 耐しよく性に富むひじょうに強い合金であるが、とくに高温における強度がいちじるしく大きいことが特長である。タービン翼・化学工業用機械部品・ばねなどに用いられる。強さは鑄物で 50 kg/mm²、30%、鍛錬材で 65 kg/mm² 40% ぐらいである。カナダにおいて自然に産出する鉛石を製錬すると直接この合金が得られるので、さかんに用いられるようになったものである。

(ヒ) Cu-Mn 合金 マンガン青銅ともいわれ、5~6% Mn を含むものは機関車の火室用、15% Mn を含むものは船舶用の弁・ポンプ軸などの構造用部品に用いられている。

(フ) マンガニン (12% Mn, 4% Ni, 84% Cu 合金) 電気抵抗が温度によってほとんど変化しないので、標準抵抗線として用いられる。

(ヘ) ホイスター合金 (20% Mn, 9% Al, 71% Cu 合金) 非磁性体

(磁石に引きつけられない性質)の金属だけが合金しているのに強磁性体(磁石に吸いつく性質)になるので有名である。なお強磁性体の金属は Fe, Ni, Co の 3 金属だけである。

4. 白色合金

亜鉛・鉛・すずを主成分とする白色合金は、鉄・銅・アルミニウムの合金のように、強力な構造物としてはなばなしい用途はもっていないが、軸受・ハンダ・活字合金などの他の合金で代用できない特別な使命をもっている。そのほか機械の小型部品には、亜鉛のダイカスト製品が近ごろいあじるしく用いられるようになった。また、すずはその美しい色と加工しやすい性質から、装飾品や各種容器に用いられ、鉛は化学的に強い性質を利用した方面に、特別な用途をもっている。

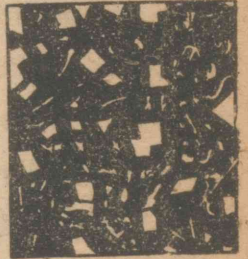
1. 軸受合金

軸受合金はなかなかむずかしい性質が必要である。まず、軸にかかる大きな荷重を支えるためには強くなければならないが、衝撃や振動にたえるだけの粘さが必要である。摩擦にたえて長もちするには硬い方がよいが、軸の方がきずついたり、摩擦したりするほどかたくてはわるい。とくに回転速度の速いときは摩擦抵抗を小さくする意味で、軸になじみやすいやわらかい性質が望ましい。このような反対の性質を満足するように、軸受合金の組成は、その目的にしたがって適当に選ばなければならない。よい軸受の顕微鏡組織を見ると、第 3・3 図のようにやわらかくて粘い素地に、かたい化合物の結晶が一ように散在している。そのほか熱伝導率のよいこと、耐しよく性の強いこと、密な鑄物ができやすいことなども軸受合金の大

切な性質である。

(1)すず台軸受合金 (Sn 80~90%, Sb 5~15%, Cu 3~10%)

この合金はバビッドメタルといわれ、もっとも高級な軸受合金で発動機・電動機・タービン・機関車・圧延機など、その用途はひろい範囲にわたっている。Sb と Cu の量が増すと、化合物が多くなってかたくなるので、とくに高速度



を要する発動機などには、Sb 5%, Cu 3% ぐらいの少ないものが用いられる。ジーゼル機関のように、高速度・高荷重を要するものには、Sb 11%, Cu 3% にして化合物の量を増し、6% ぐらいの Pb を加えて素地をやわらかくしている。

(2)鉛台軸受合金 (Pb 70~85%, Sn 5~20%, Sb 10~20%) マグ

メリアメタルともいわれ、すず台のものより安価であるから、発電機・客車・貨車その他いっばんにひろく用いられている。やわらかいので軸になじみやすく、摩擦係数の小さいことが特長であるが、同時に摩擦は大きくなり温度が高まると軸に焼つく傾向がある。粘さもわりあい小さいので、はげしい衝撃や振動のある部分には不適當で、荷重の少ない回転速度の速い軸受には、よい性質をもっている。ふつう硬さを増すために 1% 前後の Cu を加え、素地の強さを増すために少量の As, Cd を加えることもある。また Sn を 40~60% に増したものは、鉛台合金よりもすぐれた性質をもっているので、すず台合金の代用に用いられる。

(3)亜鉛台軸受合金 Zn を主成分とし Cu, Al, Sn, Pb, Sb などを 10~20% 加えたものである。Cu, Al, Sb は硬さを増し、Sn, Pb

は素地をやわらかくするために加えられる。いろいろな性能のものがつくられるが、がいしてかたく、高荷重にたえ安價であるのが利点である。しかし軸受としての性質はわるく、軸になじみにくいこと、もろくて衝撃にたえられないこと、酸化しやすいこと、組織があらわいことなどの多くの欠点がある。

(4)その他の軸受合金 Cd に 1~2% の Cu, 0.5% の Mg, 0.3% の Ag を加えた Cd 軸受合金, Pb に Ca, Na などのアルカリ金属を加えたバーンメタルなどがあり、性能はよいがいっばんにはまだ使われていない。

2. ろうづけ(鐵附)用合金

ろうづけ用合金にはいろいろな種類があるが、大別すると白色合金を主とする軟ろう(ハンダ)と、黄銅を主とする硬ろうとになる。その目的によって組成が選ばれている。

(1)軟ろう Sn と Pb の合金で第 3.7 表のような種類がある。よう融温度が低いのではんだごてで作業ができ、簡単であるが強さは弱い。

第 3.7 表 ハンダろう

Sn(%)	Pb(%)	融点(°C)	用途
30	70	260	建築などのトタン・ブリキ仕事用
40	60	237	黄銅・すず引鉄板・鉛管工事用
50	50	212	一般用
60	40	190	とけやすい金属品または電気工業用
90	10	220	食器のような衛生上必要なとき

(2)硬ろう(真ちゅうろう・銀ろう・洋銀ろうなど) 黄銅ろうは 34~67% Zn の黄銅で、よう剤としてほう砂を用いる。ろうづ

けする合金よりもよう融温度の低いことが必要で、だいたいの標準はつぎのようなものである。34% Zn は鉄・鋼, 40% Zn は銅・砲金, 50% Zn は七三黄銅, 67% Zn は四六黄銅に用いる。鉄・鋼には銅ろうを用いるといちばん結果がよく、硬質工具のろうづけに用いられる。

銀ろうは、真ちゅうろうに 10% ぐらいの Ag を入れたものから、40% 以上の Ag を含むものまでである。少ないときは流れのよい真ちゅうろうとして用い、50% 以上銀がはいると銀白色になるので、銀器・洋銀・モネルメタルなどに用いる。

洋銀ろうは、洋銀・ニッケル合金・鋼に用いる。

3. 可よう合金

金属は、適当に配合すると融点がさがるので、すずよりも融点の低い合金をつくることができる。これを可よう合金といい、自動消火器・警報装置・ヒューズなどに用いられる。たとえば、第 3.7 表のように Sn と Pb だけを合金しても、しだいに融点がさがって、Sn 63%, Pb 37% (二元共晶点) では 183°C になる。可よう合金はおもに Sn, Pb, Cd, Bi の合金で、現在知られているいちばん低い合金は、Bi:Pb:Cd:Sn の比を 4:2:1:1 に配合したウッドメタルで、融点は 68°C になる。

4. 活字合金

活字合金には Pb-Sb-Sn の合金が用いられる。よう融しやすく、ダイ鑄造を行って鮮明な活字が得られ、しかも印刷の圧力にたえ、摩耗しないだけの硬さを必要とするので、活字合金の組成は、まったく鉛台軸受合金と同じようなものが用いられている。

5. その他の白色合金

(1)亜鉛のおもな用途 うすい鉄板はメッキしていわゆるブリキ板に用いる。ふつう少量の Cu, Sn, Al などを加えて表面の模様を調節し、光沢もよく強い被覆ができるようにする。

合金としては、3~5% ぐらいの Al, Cu, Sn などを加えて、鋳物とくにダイ鋳物として自動車・写真機・計算機その他の小型部品に用いられる。

(2)すず 純粋のまま板やはく(箔)などにして包装用に用いられ、チューブとしても日常使われているものである。また、すずメッキに使われる量も多い。

すず器または白目といわれているのは Sn-Pb の合金で、5% Pb 以下の合金は食器類、20% Pb 合金は各種容器・花びん・タバコ入れ、40~50% Pb 合金はおもちゃ類に用いられる。

ブリタニアメタルは Sb 5~10%, Cu 1~5% を含む Sn 合金で、食器や花びんなどに用いられる。この合金はダイ鋳物にも適している。

(3)鉛 空中でほとんど腐しよくされず、また硫酸や塩酸などに対する抵抗力が大きいので化学的方面にひろく用いられている。水道管・塩類なべおよび容器、電解その裏張やケーブル被覆などがある。

硬鉛は Pb と Sb の合金で、2~3% Sb 合金はケーブル被覆、4% Sb 合金は蓄電池用鉛板わく、6~8% Sb 合金は化学工業用の弁・コックなどに用いられる。

蓄電池用鉛板は、約 0.2% As を含んでいる。

機関車のバッキンメタルとしては、Cu 33% 附近の Pb-Cu 合金が用いられる。さらに高級なバッキン材には、この系統のゲルメット(Cu-Pb 合金)が用いられる。

5. 特殊目的用材料

1. 温度測定用熱電対

2 種の金属線を輪状につないで、二つの接点に温度差を與えると、その回路に電流が流れる性質がある。これを熱電流といい、熱電流を起す原因を熱起電力という。この熱起電力を應用して、温度を測定するために用いられる 1 対の金属線を熱電対という。

ふつう熱電対の一方の接点を 0°C におき、他の接点を測定しようとする温度において、生ずる熱起電力をその回路に入れた高温計(mV メータ)で測定すれば、その大きさから温度を知ることができる。熱電対には、その温度によって第 3.8 表のようなものが用いられる。

第 3.8 表

1600° までの高温用	Pt と Pt+13% Rh アルメル と クロメル
1100° までの工業用	(3.5% Al-Ni 合金) (10% Cr-Ni 合金)
600° 以下の低温用	Cu とコンスタンタン (45% Ni-Cu 合金)

2. バイメタル

金属はそれぞれ違った熱膨脹率をもっている。いま、ひじょうに熱膨脹率の大きい合金と小さい合金の板を張り合わせておくと、温度が高くなると、膨脹率の小さい合金の方を内側にして板がそってくる。このそりの度合が温度によって異なるので、温度の調節器や自記装置などに利用できる。この合せ板をバイメタルという。

ふつう用いられる組合せは第 3.9 表のようなものである。

第 3.9 表

使用温度	膨張率の小さな合金	膨張率の大きな合金
100°C 以下	アンパー (36% Ni-Fe)	黄銅
150°C 以下	アンパー	Ni-Mn-オーステナイト鋼
150~300°C	42% Ni 鋼	モネルメタル (25% Cu-Ni)

第 4. 鉄 と 鋼

鉄材は強くて安いけれども、さびやすいといわれている。実際、金属材料のうちでもっとも安価なものは鑄鉄であって、炭素鋼がこれについている。金属材料のうちでもっとも強いものはニッケル・クロム鋼であるし、バイトやダイスのように硬さを要求する工具用材料や、変圧器・永久磁石などの電磁気用材料のすぐれたものもすべて鉄材である。一國の文化が、鉄材の消費量によって推定されるというのもっともなわけである。どうして、このようなすぐれた性質を得ることができるか、この性質をどのような機械部分に活用しているか、さびを防ぐ鋼にはどのような合金がつくられているのであろうか。

1. 製造法と分類

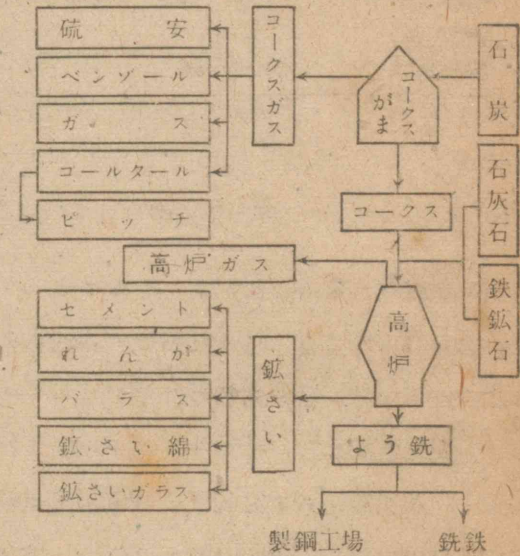
1. よう鉄炉と副産物

鉄材の安価に供給されるのは、鉄石資源が豊富であるのと同時に、非鉄合金のように、いちど純金属の地金をつくってから合金する必要がなく、精錬の一貫作業中に鑄鉄・炭素鋼、さらに特殊鋼までも製造できるからである。また大規模なよう鉄炉作業には、いろいろ

有益な工業用材料や燃料が、副産物として得られるように設備されている。

製鉄所のおもな施設を示すと第 4.1 図のとおりである。

(1) 鉄鉄石 磁鉄鉱
(Fe_3O_4) や赤鉄鉄 (Fe_2O_3) などの酸化鉄が多く 40~50% 以上の鉄分を含むものが用いられる。これを製錬に適するように必要に応じて碎鉄・選鉄・焼結などの準備作業を行って、コークスや石灰石などと交互によう鉄炉の頂から装入される。



第 4.1 図 高炉作業

よう鉄炉には、いろいろな大きさがあるが、ふつう用いられるのは 20~25 m の高さ、直径 4.5~5 m 程度の炉床をもつものが多い。炉床の上部には 6~8 箇の羽口があって、600~900°C に熱せられた空気が送りこまれている。コークスはこの熱風によって燃焼し、1600°C ぐらいの高温度となって鉄石をよう融する。これと同時に、できた CO ガスが第二酸化鉄を還元して、3~5% の炭素を含んだ鉄鉄をつくる。この際、脈石として存在するアルミナやけい酸などの不純物は、石灰石と結合して鉄さい(ノロ)となり、炉床にたまったよう鉄の上層に分離される。

(2)よう銑 一定時間ごとに炉底に近い出銑口から流し出され、ふつう土間につくられた砂型に鑄こまれて、鑄物用および製鋼用の原料となる。なお、製鋼工場をもつ製鉄所では、よう融状態のままですぐに製鋼炉に送りこむことができるので、ひじょうに経済的な一貫作業が行われている。銑石が炉頂に装入されてから、しだいに降下し、その途中、予熱層・還元層・炭素吸収層・よう融層の順に製錬が進行してよう銑となり、炉床にたまるまでには、10~24 時間ぐらいを要し、ふつうのよう銑炉では 1 日に 300~500t の銑鉄がつくられる。

2. 銑鉄の種類

よう銑炉からできた銑鉄は、銑石の種類によって、Si, Mn, P, S などの不純物の量が異なり、それぞれの特性をもった用途に振り分けられる。これを大別すると、第 4.1 表のように製鋼用と鑄物用となる。

第 4.1 表 銑鉄の種類

種類		C	Si	Mn	P	S
製鋼用	酸性 轉 炉	3.5~4.0	2.0~2.5	0.5~1.0	<0.05	<0.05
	塩基性 轉 炉	3.5~4.0	<0.5	1.0~2.0	2.5~3.5	<0.05
	酸性 平 炉	3.5~4.0	1.0~2.5	0.6~1.0	<0.04	<0.04
	塩基性 平 炉	3.5~4.0	<1.0	1.5~2.5	<2.0	<0.1
鑄物用	1号	>3.0	2.5~3.5			<0.04
	2号	>3.0	2.0~3.0			<0.06
	3号	>2.8	1.5~2.5			<0.08
	4号	>2.8	1.0~2.0			<0.10

(1)この表でめだつことは、鑄物用銑鉄がけい素量によって分類されていることで、けい素の多いものほど材質はやわらかく、強さは

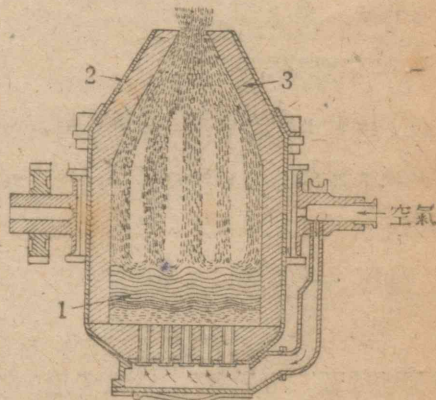
弱くなるが、鑄物がつくりやすい性質がある。したがって、1号銑は美術鑄物に、2号および3号銑は機械鑄物に用いられ、4号銑はとくにけい素量の少ない強力鑄物をつくる時に、他の銑鉄と適当に配合して用いられる。

(2)製鋼用銑鉄が、とくにけい素・りん含有量に大きな違いがあるのは、つぎのような製鋼法の差異によるものである。

3. いろいろな製鋼法

銑鉄から炭素量の少ない鋼(0~1.7% C)をつくるには轉炉や、平炉がおもに用いられ、とくにすぐれた鋼や特殊鋼をつくるには、電気炉やつぼ炉が用いられることがある。

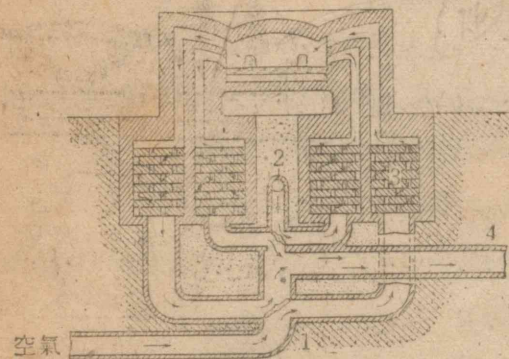
(1)轉炉 第 4.2 図のように、軸の周りに回轉できる徳利状の炉である。この中によ



第 4.2 図 轉 炉
①よう銑 ②鉄板 ③耐火物

う銑を流しこんで炉底から空気を吹きこむと、C, Si, Mn などは酸化燃焼して、15~30t の銑鉄が 20~30 分のうちに低炭素の鋼に製錬される。この方法を酸性轉炉法(ベッセマー法)といい、酸性の鋼さいができるので、けい石れんがで炉の裏づけがしてある。よう湯の温度は、おもにけい素の燃焼熱によって保たれるので、原料銑には、とくに Si の多いものを選び、P, S は製鋼中には変化しないので、鋼に許される範囲内に少ないことが必要である。

塩基性転炉法(トーマス法)は、P を燃焼して除くために、よう銑に石灰を加えて操業する方法で、塩基性の鋼さいを生ずるので、炉は焼結苦灰で裏づけされている。この場合は、よう湯の温度を保つ



第4.3図 平炉の断面

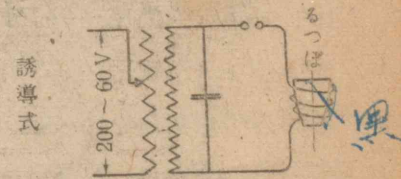
①変更弁 ②ガス入口 ③蓄熱室 ④煙突

だけ多量の P があり、Si は除去されないのので、できるだけ少ない原料銑が使用される。
(2)平炉法 シーメンス法ともいい、第 4.3 図のように、長方形の炉に予熱された空気と燃料ガスを送って、銑鉄をよう融し、屑鉄・第二酸化鉄などを加えて製錬する。炭素および不純物の除かれる程度は、おもに鋼さいとよう湯の化学反応によるので、ふつうの 30~50t 平炉で 14~20 時間の製錬を必要とし、その間しばしば試料をとって組成を試験しては適当な装入物を加え、所要の鋼を得られるまで製錬をつづけることができる。したがって、転炉法より良質の鋼が得られ、特殊鋼の製造にも適している。この方法では、とくに鋼さいの組成性質が製錬上重要で、転炉法と同じように酸性と塩基性の 2 種があり、前者は P と S、後者は Si を除くことが困難である。ゆえに、原料銑にも第 2.1 表のような差異があるが、いっばんに酸性炉には、良質の原料銑を用いるため、できた鋼も塩基性炉のものよりよい。

(3)電気炉法 電気的に炉を加熱して行う製鋼法で、加熱の方法には、第 4.4 図のように電弧式・誘導式の 2 種がある。原料には、

平炉や転炉などでいちど製錬された鋼または屑鉄を用い、炉の温度、炉内のふん囲気(雰囲気)、鋼さいの性質を適当に加減して製錬し、

1~30 トンぐらいの小規模ながら良質な鋼、とくに素材としてではなく、製品を目的とした鑄鋼や特殊鋼の製造に用いられる。



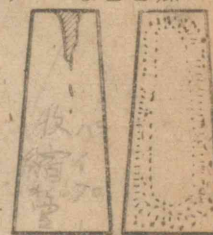
第4.4図 電気炉

(4)るつぼ炉 すでに製錬された鋼を配合してるつぼ中に密閉し、外部からコークスまたはガスなどで加熱

よう融する方法である。ひじょうに高價となるが、外氣や火炎の影響を受けず、鋼さいも十分にうきあがって除かれるので、高級な鋼の小規模な製造に用いられる。

4. 鋼材の種類

(1)鑄塊 製錬をおわったよう鋼はトリベに移され、ふつう正方形の断面をもった柱状の鑄型に鑄こまれて、3~5t ぐらいの鋼塊(インゴット)となる。鑄こみの際に十分に Mn, Si, Al などを加えて脱酸したものを鎮静(キルド)鋼塊という。第 4.5 図アのように、凝固収縮によるパイプが上部にできるので、この部分を切り捨てて圧延作業を行う。脱酸不十分か、またはぜんぜん脱酸しないものは、縁附(リムド)鋼塊という。同図イ



第4.5図 鋼塊
ア キルド、イ リムド

のように、凝固の際に生ずるガスが氣ほう(氣泡)となって分散し、そのため収縮による大きなパイプの発生を緩和する。軟鋼では、その後の鍛錬によって、こまかい氣ほうは密着

するので、性質は劣るが切捨部のないだけ経済的である。

(2)半製品 鑄塊は、ついで灼熱炉に入れられ、1200°C ぐらいに加熱してから、分塊圧延機といわれるとくに強力な圧延機で、鋼材の製造につごうのよい大きさに圧延され、適当な長さにせん断される。分塊後の半製品は、つぎのような名称でよばれている。

- ブルーム (大鋼片).....150 mm 以上の角鋼材
- ピレット (小鋼片).....150~38 mm の角または丸鋼材
- スラブ (板用鋼片).....幅 200~300 mm, 厚さ 50 mm 以上のへん平 (扁平)鋼材
- シートバー (薄板用鋼片).....幅 200~300 mm, 厚さ 50 mm 以下のへん平鋼材

これらの鋼片は、一部分はそのまま市販されて大型鍛造品の材料となるが、大部分はさらに圧延工場に送られて、條鋼・鋼板・鋼管など種々な製品につくられる。

(3)條鋼 断面にいろいろな形があるが、長さ 3.5~10 m ぐらいの棒状のものを総称している。簡単な断面をもち、火造品の素材となる棒鋼 (丸鋼・半田鋼・平鋼・角鋼・六角鋼・八角鋼など) と、土木・建築・造船などの構造材としてすぐに使用される形鋼 (山形鋼・みぞ形鋼・丁形鋼・乙形鋼・工形鋼・軌條鋼・鋼矢板など) とに大別される。

(4)鋼板 幅×長さが 3 ft×6 ft (サブロク), 4 ft×8 ft (ヨンバ), 5 ft×10 ft (ゴトウ) などの定尺につくられ、その厚さにより厚板 (6 mm 以上), 中板 (6~1 mm), 薄板 (1 mm 以下) と分類されることもある。また別に、厚さ 0.9~5 mm, 幅 19~200 mm ぐらいの板材を

帯鋼といい、自轉車のリム・どろよけその他の鋼製器具や荷造用などに相当の需要がある。

(5)線材 多くつくられるのは直径 5 mm 内外の丸鋼で、とくに長いために 50~80 kg ぐらいを 1 巻として生産されている。これを素材として、小物のびょう・ボルト・ナット・くぎなどに加工され、また各種の太さの針金・ピアノ線などは、これを常温で線引してつくられる。

(6)鋼管 いろいろな大きさがあるが、棒鋼を孔あけした中空粗材を用い、これを圧延または引抜した継目無鋼管と、帯鋼・鋼板などを曲げて、継目をよう接したよう接鋼管とに大別される。

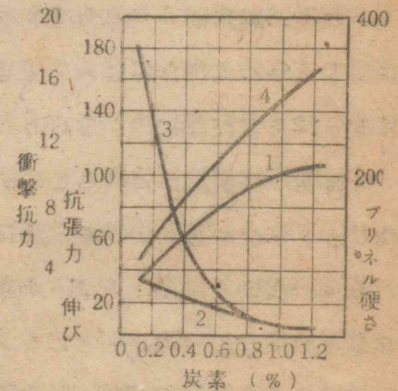
これらの鋼材は、それぞれ規格によってきめられた各種の寸法で市販されているので、機械の作製にあたっては、適当な鋼材を選んで使用することができる。

2. 炭 素 鋼

1. 性質および用途

炭素鋼は、1.7% 以下の炭素を含む鉄と炭素との合金であって、その性質は炭素量によって異なり、第 4.6 図のように、炭素量を増すほど強くてかたい材料となるが、

粘さを失って加工しにくくなる。したがって、強さによって第 4.2 表のように大別することができ、それぞれの用途にひろく用いられている。



第 4.6 図 炭素鋼の機械的性質
①抗張力 (kg/mm²) ②伸び (%)
③衝撃抗力 (kg-on/cm²) ④ブリネル硬さ

第4.2表 炭素鋼

名 称	炭素(%)	抗 張 力 (kg/mm ²)	伸 び(%)	用 途
極 軟 鋼	0.12 以下	38 以上	25~20	線・管・板・びょう
軟 鋼	0.12~0.2	38~44	22~18	びょう・管
半 軟 鋼	0.20~0.35	44~50	20~16	構 造 用
半 硬 鋼	0.35~0.5	50~60	15~12	軸
硬 鋼	0.50~0.8	60~70	12~9	軸 ・ 工 具
最 硬 鋼	0.80~1.7	70	8~4	主 具 ・ パ ネ

(1)純鉄 電解鉄・アームコ鉄などが実用材料として市販されているが、ふつう 0.01~0.02% の炭素を含んでいる。おもにるつぼ炉や電気炉などで少量の合金鋼をつくる場合の地金に用いられるが、ひじょうにやわらかく加工しやすいので、銅や黄銅の代用としてプレス加工品に用いることもできる。しかしこの場合、電解鉄はそのままでは水素を多量に含んでいてもろいので、高温度で焼鈍しをして十分に水分を追い出してから加工される。

(2)極軟鋼 構造用材料としては強さが弱いので用いられないが、ひじょうにやわらかいので加工に適し、薄板や線・管などにつくられる。車両の外張板、ドラムかん・よう接棒・電信線などのほかに、さびどめのために亜鉛引きしたトタン板やすず引きしたブリキ板およびほうろう鉄器(珐瑯鉄器)などとして用いられる。

(3)一般構造用鋼 土木・建築・造船・鉄道・橋などにひろく用いられている。鋼板・形鋼・鋼管などは大部分軟鋼で、さびどめのために塗装されることが多い。鍛接性がよいので縁附鋼塊が多く用いられ、材質も轉炉鋼や塩基性平炉鋼などの價の安いものが選ばれている。

(4)機械構造用鋼 軟鋼ないし硬鋼がおもに用いられ、同じような製品でも所要の強さと耐摩耗性に應じて材質が選ばれる。ふつうのボルトやナットその他の機械部品は 0.2% C 前後の軟鋼が多く、40 kg/mm² の抗張力として設計される。軸類・歯車・ピンなどは 0.3~0.4% C 鋼が多く、車軸や車両の外輪と軌道、ばねおよびスコップなどは 0.4~0.5% C、さらに強さと硬さを要する部分には、0.6% C ぐらいに炭素量を高めることもある。しかし、炭素量高めるとひじょうにもろくなるので、0.2% C 以下の軟鋼にしん炭(滲炭)処理を施して、その表面だけを 1.0% に近い高炭素として、耐摩耗性をもたせることがある。高級の軸・歯車・カムなど、このしん炭鋼の用途は最近ますますひろくなっている。

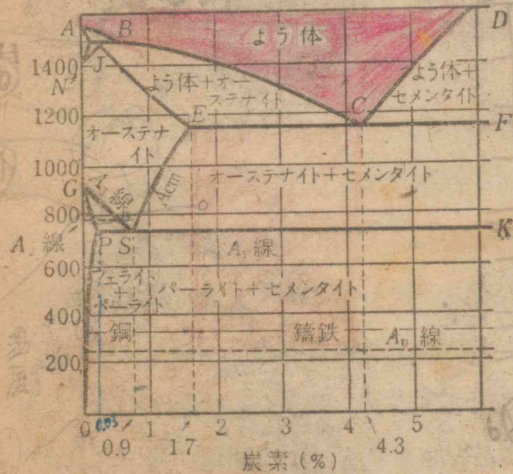
(5)工作に使用される工具類 ひじょうに多くの種類があるが、くわ・かま・小刀・金づちなどの簡単なものには硬鋼が用いられ、かみそり・やすり・のこぎり・バイト・ドリル・ダイス・ポンチ・ゲージ類には 1.2% C ぐらいまでの最硬鋼が用いられる。高炭素のものほどかたく、したがって切れ味や耐摩耗性がよいが、もろくなるので、同じ工具でも形状・寸法・用途などによって適当な炭素量が選ばれる。

2. 鋼の変態と焼準(やきならし)組織

鋼の性質が、炭素量によっていちじるしく異なるのはなぜであるか。第4.7図の鉄-炭素状態図から検討してみよう。

(1)鋼と鑄鉄の区別 純鉄の融点は 1528°C であるが、それまでに A₃(900°C)、A₄(1400°C) とよばれる変態点がある。そして低温度からそれぞれ α鉄、γ鉄、δ鉄という違った原子排列の結晶状態が

存在する。したがって、炭素の溶解度も結晶状態によって違い、 α 鉄には最高0.03% C (P点) ぐらいのごくわずかなものであるが、 γ 鉄には GSEIN の各曲線で囲まれたひろい固溶体範囲がある。 α 鉄固溶体をフェライト(または地鉄)、 γ 鉄固溶体をオーステナイトと



第4.7図 鉄-炭素状態図

炭素を含む合金は、鑄鉄の部に入れられる。

(2)鋼の変態 鋼は高温で全部が均一なオーステナイト範囲にはいるので、これから常温に冷やすまでの変化を状態図で見ると、ちょうど共晶状態図におけると同じような変化が固相の間で起るものと考えられる。すなわち、0.9%以下の低炭素鋼はGS曲線からフェライトを析出して、オーステナイトの組成はS点に達する。この変化は、純鉄における γ 鉄と α 鉄の変態に相当するので、 A_1 変態といわれている。0.9% C以上の高炭素鋼では、ES曲線からセメンタイトを析出してやはりS点に達するので、すべての鋼のオーステナイトは、PSK直線の温度(721°C)でS点(0.9% C)の共析組成

いう。その溶解度以上に含まれた炭素は、セメンタイトといわれるひじょうにかたい化合物 Fe_3C をつくる。 γ 鉄の最大溶解度は、1145°Cにおいて1.7% C (E点)であるから、1.7%以下の炭素を含む合金を鋼といい、それ以上



第4.8図 C=0.01% × 150



第4.9図 C=0.20% × 150



第4.10図 C=0.41% × 150



第4.11図 C=0.60% × 150



第4.12図 C=0.85% × 150



第4.13図 C=1.20% × 150

となり、この温度でフェライトとセメンタイトを同時に析出する。この共析変態を A_1 変態といい、両相がこまかい層状にならんだ共析組織をパーライトという。鋼の変態には、そのほかに A_2 変態 (780°C) と A_3 変態 (215°C) といわれる磁気変態がある。これは相の変化ではないが、それぞれフェライトおよびセメンタイトがその温度以下では磁石に引きつけられる強磁性をもってくる。

(3) 鋼の組織 鋼の顕微鏡組織を見ると、第 4・8 図のように純鉄ではやわらかいフェライトの結晶粒が見られるが、軟鋼では A_1 変態で析出したフェライトのほかに A_2 変態で生じた 2 割程度のパーライトが見られる(第 4・9 図)。パーライトの量は炭素量に正比例して増加し、硬鋼では半々ぐらい(第 2・10 図)、0.9% 炭素鋼では全部がパーライト組織となる(第 4・12 図)。さらに高炭素側の過共析鋼では、パーライトのほかに、オーステナイトの結晶粒界に析出したセメンタイトが白く網目状に見られる(第 4・13 図)。

(4) 焼準しと焼鈍し 炭素鋼を、均一なオーステナイト範囲から空中で冷したときの組織を焼準組織といい、ほぼ平衡状態(図に適合した組織)が得られるので、その組織から炭素量を推定することができる。

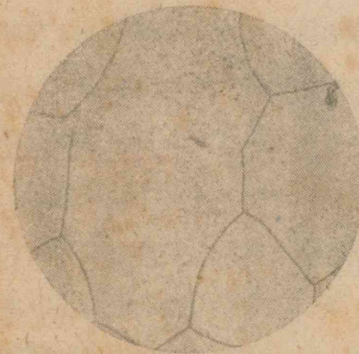
市販の鋼材も、オーステナイト範囲の温度で高温加工を行ったもので、焼準組織をもっている。

鋼の場合に焼鈍しといわれているのは、おもに低温加工によって硬化した材料を、さらに変態点以下または以上の温度に加熱したのち、徐冷して軟化することで、焼準状態よりもいっそうやわらかくなる。

3. 焼入および焼戻組織

刃物は、赤熱して急いで水の中に焼き入れると、ひじょうにかたくなり、切れ味がよくなるが、これを刃先が青色から褐色になるまで加熱すると、やわらかくなる。このような現象はなぜ起るか。

(1) 冷却速度による変化 たとえば、0.9% の共析鋼を $780\sim 800^{\circ}\text{C}$



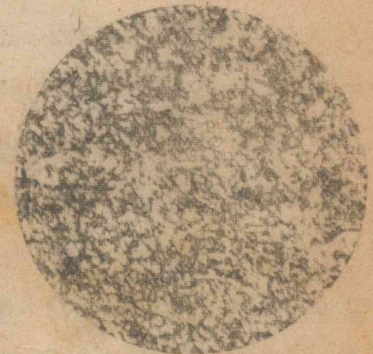
第 4・14 図
オーステナイト $\times 800$



第 4・15 図
パーライト $\times 1000$



第 4・16 図
トロースタイト・マルテンサイト $\times 250$



第 4・17 図
マルテンサイト $\times 150$

のオーステナイト範囲(第 4・14 図)からゆっくり炉中冷却すると、 720°C で A_1 変態が起り、パーライト組織(第 4・15 図)となるが、少し速く冷却すると、 $600\sim 500^{\circ}\text{C}$ まで A_1 変態が下ってソルバイト組

織となる。さらに油焼入すると、400°C 附近と 200°C 附近に 2 段の変態が起ってトルースタイトとマルテンサイトとのまじった組織となる(第 4-16 図)。2 段に変態が起る場合、前者を Ar' 変態、後者を Ar'' 変態といい、急冷の程度が大きくなると Ar' 変態の量を減少し、トルースタイトの少ない組織となる。したがって、水焼入してさらに急冷すると、全部が Ar'' 変態を行ってマルテンサイト組織となり(第 4-17 図)、ひじょうにかたい性質をもってくる。

(2)組織の本質 ソルバイトもトルースタイトも、パーライトと同じようにオーステナイトがフェライトとセメンタイトに共析変態して生ずる組織である。ただ、冷却速度の速くなるにつれてしだいに変態温度が低くなり、組織がこまかくなったものであるから、3 者の間にはっきりした区別はない。ふつうパーライトは 100 倍の顕微鏡で層状に見える程度のあらい組織で、ブリネル硬さも 225 ぐらいである。ソルバイトは、400 倍ぐらいでようやく層状が区別できる程度にこまかく、270 ぐらいの硬さがある。トルースタイトは、1000 倍以上でないとは区別しにくく、硬度も 400 程度に上昇している。

これに対してマルテンサイトは、オーステナイトがその炭素を固溶したまま γ 鉄の原子排列から α 鉄の原子排列に変わったもので α 鉄にむりに多量の炭素原子が押しこまれた過飽和固溶体と考えられる。したがって、硬さも炭素量の多いオーステナイトから変態したマルテンサイトほどかたくなり、共析鋼では 720 にも達する。

(3)焼戻しの変化 焼入したマルテンサイト組織の鋼を加熱してゆくと、200°C 附近まではほとんど変化がない。かえって焼入のときに変態しないで残った残留オーステナイトがあると、それが 150°C

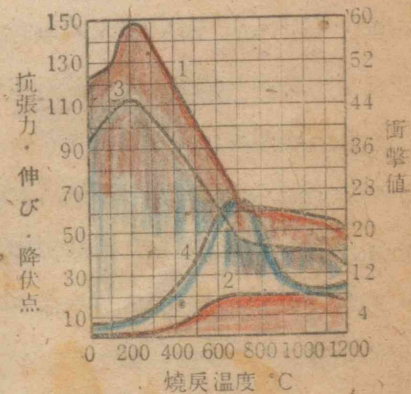
附近からマルテンサイトに変態して、かたくなるぐらいである。それ以上の温度では、しだいにセメンタイトを析出して軟化する。セメンタイトを析出したマルテンサイトはフェライトとなるが、400°C 附近ではまだマルテンサイトのときのささの葉のような結晶粒に、粉をふいたようにセメンタイトが析出した組織が見られる。600°C 附近まで加熱すると、しだいに析出したセメンタイトが凝結して微細な粒となり、このセメンタイトがフェライトの地一面に分布した組織となる。

その間、温度とともに変化がしだいに進んで軟化するので、焼戻組織にもはっきりした区別はないが、前者をトルースタイト組織、後者をソルバイト組織といい、焼入の際の同名の組織とほぼ似かよった性質をもっている。

4. 熱処理の実際

(1)軟鋼は、炭素量が少ないために焼きがはいりにくく、同時にマルテンサイト組織にしてもあまり硬化しないので、ふつう焼準状態で用いられる。

(2)半硬鋼以上になると、第 4-18 図のように焼入・焼戻しによって、いちじるしくその性質が変化してくる。そしてソルバイト組織にまで焼戻したものは、焼準状態とあまり違わない抗張力や伸びをもつが、衝撃値がいちじるしく大きくなる特長がある。したがって、



第 4-18 図 半硬鋼の焼戻温度
① 抗張力(kg/mm²) ② 伸び(%)
③ 降伏点 kg ④ 衝撃値

多くは焼準状態で用いられるが、とくに重要な部品には、 A_1 点以上 50°C 附近から水焼入し、 600°C 附近に焼戻しをして用いる。

(3) 焼入・焼戻しをして強く粘り性質にすることを調質といい、完全に焼入していちどマルテンサイト組織にすることが重要である。しかし、大型の部品では焼入しても中心部の冷え方は遅くなるので、トルースタイトがまじってきて焼戻しをしたのちも粘り強さともに低下する。これを質量効果という。また、オーステナイトからマルテンサイトに変化する時には、いちじるしい体積の膨脹が起る。そのため部分的に冷却速度が違ふと、部品が変形することがある。これを焼ひずみという。

(4) 工具に用いる高炭素鋼は、焼入後 200°C 附近に焼戻しして、もっともかたい状態で用いられる。炭素量を増すほど焼きははいりやすくなるが、焼ひずみはいちじるしくなり、 $0.7\% \text{C}$ 以上になると焼割れを生ずることがある。セメントタイトはそれ自身ひじょうにかたいので、 $0.9\% \text{C}$ 以上の過共析鋼では、とくに均一なオーステナイト範囲まで加熱する必要はない。 A_1 点の 50°C ぐらい上から焼入して、網目状のセメントタイトとマルテンサイトとの組織として用いるのがふつうである。とくに粘りを必要とする高級の刃物では、 A_1 点と A_{cm} 点の間に長時間加熱して、網状セメントタイトを表面張力によって球状化したのち焼入することもある。

(5) 焼入のこつは、酸化を防いでできるだけ低い温度から焼入し、綿密なマルテンサイト組織を得ることである。それには、温度の正確に保てる鉛浴そうまたは塩浴そうが有利である。またトルースタイトができず、しかも焼ひずみや焼割れのできないような適当な焼

入液を選ぶことが重要である。焼入液としては、沸騰水・せっけん水・機械油・種油・冷水・食塩水の順に冷却速度が速くなっている。

要するに A_1' 変態が起る 400°C 附近までを急冷し、 A_1' 変態の起る 200°C 附近を徐冷することである。そのためには、いちど水焼入して、その途中 300°C 附近から引きあげて空中放冷する時間焼入、引きあげてのちすぐ油焼入する二段焼入などの方法も行われる。また 200°C 附近のよう融金属中に焼き入れる熱浴焼入法も有利な方法である。とくに、熱浴の温度を 400°C 附近まで上昇して、いちどに焼入・焼戻しの性質を得ようとするところもある。この場合には、恆温度で変態が起り、ベイナイトといわれる組織ができる

5. 各種元素が影響する鋼のぜい性(脆性)

鋼には Fe, C のほかに、不純物として Si, Mn, P, S などが多少とも含まれている。これらの元素は鋼の性質に大きな影響をおよぼし、とくに加工性を支配するものである。

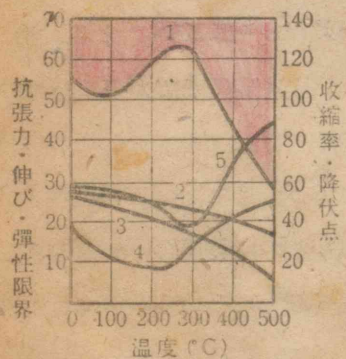
不純物のうちもっとも有害なものは P と S である。

(1) りん P は鉄石からはいるもので、製鋼作業でできるだけ脱りんしても、 $0.02 \sim 0.04\%$ 、多いときは 0.08% にも達する。この程度の P はすべてフェライトに固溶し、鋼の常温における加工性を害し、とくに衝撃値を減少する。その影響は高炭素鋼ほどいちじるしい。しかも P は鑄塊のときから偏析がはなはだしく、ごく低りん鋼でも局部的には $0.1\% \text{P}$ にも達するので、常温加工用の極軟鋼および高炭素の工具鋼では、とくにりんの少ないことが望ましい。しかし、高温加工性には無害である。

(2) 硫黄 高温加工性を害するのは S で、ふつうの鋼には 0.05%

以下であるが、硫化鉄 FeS となってオーステナイトの結晶粒界に存在する。この FeS は、ひじょうにもろいので 900~950°C における加工性を害する。さらに、1000°C 以上でよう融しはじめるために、さらに鋼のもろさを増す。これを赤熱ぜい性または高温ぜい性という。

(3) けい素とマンガン これに対し、Si および Mn は鎮静鋼の脱酸剤として加えられるぐらいで、ふつう含まれる 0.3% 以下の Si、1% 以下の Mn では、大した害はない。しいていえば、多量の Si は抗張力を増す代りに延性を減らし、鍛接性を害する。したがって、鋼管・鋼線・ブリキ板などは Si で脱酸しないのがふつうである。Mn はあまり伸びを減じないで、強さを増すので 1~1.5% Mn を加えた構造用特殊鋼がある。普通鋼には、脱酸と同時に脱硫の目的に加えられる。Mn を加えると、FeS の代りに鍛錬性のある MnS を生じるので、赤熱ぜい性を減ずる。



第4-19図

軟鋼の機械的性質と温度との関係
①抗張力 ②降伏点 ③弾性限界 (kg/mm²) ④伸び (%) ⑤収縮率

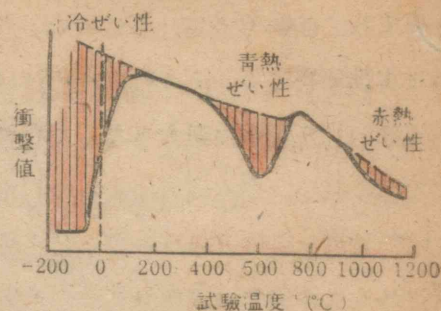
青熱ぜい性といひ、この温度で加工することは危険である。温度が

(4) その他 その他の不純物として少量の Cu が含まれることがあり、赤熱ぜい性の原因となる。脱酸不十分のために酸素が多量に残ると、900~1200°C にわたって赤熱ぜい性が起る。

(5) 各種のぜい性 鋼の強さは温度によって異なり、第4-19図のように、200~250°C に常温よりも抗張力が高く、伸びの小さい範囲がある。これを

高くなるにつれて、強さは減じて延性を増し、加工しやすくなる。

第4-20図は衝撃値の変化を説明的に示したものである。いっばんに高温度ほど低くなっているが、これはもろくなるのではなくて、変形に要する力が小さくなること、すなわち加工しやすくなることを



第4-20図 鋼のぜい性

示す。とくに、けい線(罫線)をひいた部分がぜい性を示す所である。600°C 附近のぜい性は、青熱ぜい性が試験速度が速いために高温度にずれたもので、オーステナイト範囲にはいると結晶粒の微細化が起って衝撃値は回復する。さらに、高温度で不純物による赤熱ぜい性が起れば、けい線のように衝撃値は減少する。

常温以下の温度でいちじるしくもろくなるのは、冷ぜい性(低温ぜい性)といひ、寒地における機械の破損のおもな原因となる。冷ぜい性は、高炭素鋼ほどいちじるしく、りんおよび酸素が多く含まれた鋼は、いっそうはなはだしい。

6. 表面硬化法

歯車やクラッチなどのように、表面はかたくて摩擦にたえ、中心は粘くて衝撃にたえる必要のある部品には、しん炭(滲炭)や窒化などの表面硬化法が行われる。

(1) しん炭および肌焼 しん炭法の一例をあげると、0.2% C 以下の低炭素鋼でつくった品物をしん炭剤(木炭、60%、炭酸バリウム BaCO3 40%) とともに鉄箱中に密閉して、900°C に8時間ぐらい加熱する

と、表面の1mmぐらいが1% C程度の高炭素鋼となる。これを取り出して900°C附近(心材の A_3 点以上)から一次焼入を行い、つぎに再加熱して780°C附近(A_1 点以上)から二次焼入を行う。一次焼入は、しん炭中に粗大となった心材の組織を微細化して粘さを増すために行い、二次焼入は表面のしん炭層を硬化するために行う。この熱処理を肌焼というので、しん炭用の低炭素鋼を肌焼鋼ともいう。しん炭の程度は鋼種およびしん炭剤の種類によっても異なるが、いっばんにしん炭温度の高いほど表面の炭素量が大きくなり、時間の長いほどしん炭の深さが深くなる。

(2)窒化法 鋼材を入れた箱に500~550°Cにおいてアムモニアガスをとおし、表面に鉄の窒化物をつくって硬化する方法である。この方法の特長は、窒化層が焼入したしん炭層よりはるかにかたい、しかも高温まで硬度がおちず、耐摩耗性に富むこと、窒化後熱処理を行わないから寸法に狂いを生じないこと、表面の耐しよく性が大きなことなどである。ただし、窒化に長時間を要することが欠点である。窒化用鋼としてはC 0.3~0.4%, Al 1~1.2%, Cr 1.6~1.8%の特殊鋼が適している。これを製品に仕上げ、焼入や焼戻しをして十分粘いソルバイト組織にしてから窒化する。1mmの硬化層をつくるのに、20~100時間が必要である。

(3)青化法 近ごろさかんに行われる硬化法は、 NaCN 54%, Na_2CO_3 44%, その他、というような液体しん炭剤に部品をつけて、800°Cで10~30時間ぐらしん炭する方法で、同時に窒化も行われる。

そのほか、鋼球をふきつけて表面だけを加工硬化する方法、高周

波電気を應用して、ごく表面だけを変態点以上に加熱焼入して硬化するトッコ法などがある。

3. 特殊鋼

炭素鋼にNi, Cr, Wなどの特殊元素を加えて、機械的性質を改良したり、特殊な物理的・化学的性質を與えたものを特殊鋼という。その目的に応じて、加える特殊元素の種類と量がどんなに違うかを検討してみよう。

1. 構造用鋼としん炭鋼 (Ni-Cr 鋼)

(1)炭素鋼強さは0.3~0.4%の半硬鋼で50~60 kg/mm², これを焼入・焼戻ししても、抗張力55~65 kg/mm², 伸び22%ぐらいにすぎない。しかも、水焼入しても表面から3~5mmぐらい焼がはいらなだけで、大型の部品になると、内部は強さがこれより弱く、その上もろくなる。これを質量効果という。また、水焼入のような急冷は焼入ひずみや焼割れを生じやすいので、できるだけゆっくりした冷却で焼きがはいることが望ましい。したがって、構造用特殊鋼には調質後の強さを増すと同時に、質量効果や焼ひずみなどの欠点を除くような合金元素が加えられる。しん炭肌焼鋼は0.2%以下の軟鋼であるから、とくに上のような要求がいちじるしく、さらにしん炭がよいので、しかも高温で長時間加熱しても結晶があらくならなような合金元素が必要である。

(2)Ni 鋼 鋼にNiがはいると、組織が密になり、あまり粘さを減少しないで強さが増大し、耐しよく性を増す。とくにNi鋼の特長は、高温で加熱しても結晶があらくならななこと、 A_1 変態点がさがるので、焼入温度を低くできること、焼きがはいりやすくな

り、大型の部品でも油焼入で十分なことなどがあげられる。このようにひじょうにすぐれた性質をそなえているので、ふつう 1.0~5.0% の Ni が加えられる。強さは 65~70 kg/mm² 以上となる。ただししん炭鋼の場合は、Ni が C との結合力を弱めるために強力なしん炭剤を用いなければならない。

(3)Cr 鋼 Cr は鋼の組織を密にして、各種合金元素のうちもっとも強さを高めるものである。しかし、粘さを減ずることや過熱すると結晶があらくなることなどが欠点である。焼きははいりやすく、耐摩耗性・耐しよく性・耐熱性を増大するので、工具鋼・耐熱鋼・不しゅう鋼(不銹鋼)などにもひろく用いられている。構造用およびしん炭用鋼には、ふつう 2% 以下が加えられ、80~100 kg/mm² の抗張力が得られる。しん炭はひじょうによろいとなり、かえって表面の炭素量が多くなりすぎるので、緩慢なしん炭剤が用いられている。

(4)Ni-Cr 鋼 Ni 鋼も Cr 鋼も単独ではあまり使用されず、Ni-Cr 鋼として使用されることが多い。Ni-Cr 鋼は Ni と Cr の特性をかねそなえたもっともすぐれた構造用特殊鋼で、日本標準規格では第 4.3 表の 4 種に規定されている。

Ni-Cr 鋼の調質は、820~880°C 油焼入、550~650°C 焼戻しであるが、焼戻ししたのち緩冷するともろくなる性質(焼戻ぜい性)があるので、かならず急冷しなければならない。

(5)100 kg 以上の強じん鋼 Ni-Cr 鋼はさらに Mo または W を 0.5% ぐらい加えると、強度を増すと同時に焼戻ぜい性の少ない強じん鋼が得られる。たとえば、第 4 種 Ni-Cr 鋼に 0.5% Mo を

第 4.3 表 構造用 Ni-Cr 鋼

(C=0.25~0.40, Si<0.35 Mn=0.35~0.65)
(P および S <0.050(甲) または <0.035(乙))

鋼種	Ni (%)	Cr (%)	降伏点(kg/mm ²)		抗張力(kg/mm ²)		伸び (%)	
			I	II	I	II	I	II
第 1 種	1.0~2.5	0.3~0.9	>40	>50	>60	>70	>20	>22
第 2 種	2.5~3.5	〃	>50	>65	>70	>80	>20	>18
第 3 種	3.0~4.0	0.5~1.0	>60	>75	>75	>90	>18	>15
第 4 種	4.0~5.0	1.0~2.0	>75		>90		>12	

I は大型部品, II は小型部品に適用される。その限度は
第 1 種……40 mm, 第 2 種……70 mm, 第 3 種……100 mm

加えた Ni-Cr-Mo 鋼は調質状態で降伏点 90 kg/mm², 抗張力 110 kg/mm², 伸び 12% 以上の強じん性がある。しかし、これ以上の強度はソルバイト組織では得られないので、とくに必要な場合には焼戻温度をさげて、トルースタイト(400°C 焼戻し)またはマルテンサイト(200°C 焼戻し)組織として用いる。たとえば、第 4 種 Ni-Cr 鋼を焼入後 200°C に焼戻したものは抗張力 150 kg/mm², 伸び 7% 以上になる。

2. その他の構造用鋼

(1)代用鋼 Ni-Cr 鋼は優秀ではあるが、Ni が高価で手にはいりにくいので、現在 Cr-Mo, Cr-V, Cr-Mn 鋼などをできるだけ利用するように努力されている。Cr はだいたい 1% ぐらいとし、Mo ならば 0.15~0.30%, V は 0.1~0.2%, Mn は 1.0~2.0% 加えたものが適当で、炭素量を少し増せば 100 kg/mm² に近い強さが得られる。しかし、過熱によって結晶粒が粗大になることと質量効果の点では、Ni を含む鋼に劣っている。最近では、Si-Mn-Cr 鋼(各

元素共 0.8~1.2%) が Ni も Mo も含まない強じん鋼としてさかんに研究されている。また、ばね鋼として用いられる Mn 鋼、Si—Mn 鋼もふつうの構造用鋼に利用される。

(2) 構造用特殊鋼およびしん炭用特殊鋼の用途はひじょうに多い。一例を自動車にとれば、連接棒・車軸、強力なボルトには、Ni—Cr 鋼第 1 種または Cr 鋼が用いられる。クランク軸・差動軸・歯車などには Ni—Cr 鋼第 3 種または Cr—Mo 鋼が用いられる。カム軸・ピストンピン・歯車などには、しん炭 Ni—Cr 鋼がおもに用いられる。しかし、どの部品にはどの鋼種とかぎったことはなく、いっばんに必要な強さと形状寸法によって適当な鋼種を選ばなければならない。

(3) Mn 鋼 Mn 鋼も 0.3~0.45% C, 1.5~1.8% Mn の範囲のものは、75~90 kg/mm² の強さとなり、構造用鋼として用いられるが、しん炭鋼には適しない。Mn 鋼にはデューコール鋼とハッドフィールド鋼という特殊な鋼がある。

デューコール鋼は 0.1~0.3% C, 1~1.5% Mn の低マンガン鋼で、同じ炭素量の普通鋼材より強くなるが、粘さは低下しない特長があり、粘い材料としてリベット材・鋼板・鑄鋼などに用いられる。

ハッドフィールド鋼は 0.8~1.4% C, 10~15% Mn の高マンガン鋼で、1000°C から水焼入すると完全なオーステナイト組織となり、抗張力 80~120 kg/mm²、伸び 80% ぐらいの強じん鋼が得られる。これを焼戻しすると、300°C 付近からかえって抗張力も伸びも減少するので、焼入状態で碎鋏機などの耐摩耗性鑄鋼に用いられる。摩擦面は、使用中にマルテンサイトとなり、耐摩耗性を生ずるので

ある。切削加工中も表面がマルテンサイトになり、高速度鋼でも切削しにくいので、研摩機またはワイデイヤなどの焼結工具が用いられる。

3. ばね鋼

ばねには、人力車や乳母車のような荷重の小さいものから、車体ばねのように荷重の大きなもの、弁ばねのように高性能を要するものなどその種類が多く、板ばね・渦巻ばね・つる巻ばねなどその形状も大小いろいろなものがある。ばねに用いる鋼材は、弾性限と疲労限のとくに高いことが必要である。

(1) 簡単なものには 0.4~1.0% C ぐらい P, S の少ない特殊炭素鋼を線引したままで使用する。ふつうは、ばねの形につくってから焼入・焼戻して用いるが、だいたい 120~200 kg/mm² の抗張力を必要とするので、強さに應じて焼戻温度を 400~550°C の間で加減している。

(2) 特殊合金鋼としては、Si および Mn が弾性限を高める性質が大きいので、0.4~0.6% C に 1.5~2.0% の Mn または Si を単独に加えた Mn 鋼、Si 鋼、1.0~1.5% の Mn および Si を同時に含む Si—Mn 鋼などがある。車両ばねその他いっばんのばねに用いられる。とくに高級な性能を必要とする弁ばねなどには、1% Cr 鋼に 0.8% ぐらいの Mn または Si を合金した Cr—Si 鋼、Cr—Mn 鋼、0.2% ぐらいの V または Mo を合金した Cr—V 鋼、Cr—Mo 鋼などが用いられる。

ばね用特殊鋼は、Ni を含まない強じん鋼として最近利用されている。

4. 不しゅう鋼(不銹鋼)

(1)Cr 鋼 鋼の耐しゅう性を増す元素は、Cr が第 1 であり、炭素量の少ないものほどその効果は大きい。0.2% 以下の軟鋼に 5% Cr を加えたものは、ゆるやかな腐しゅうを受けやすい製油工業用機械器具・給水管などに用いられる。さらに Cr 量を増すほど耐しゅう性を増すので、5~13% Cr 鋼は各種化学工業用高压容器などに用いられる。

13% Cr 鋼はもっとも安い不しゅう鋼で、硫酸や塩酸にはおかさされるが硝酸にはおかさされなくなる。13% Cr 鋼は炭素量で用途が異なり、0.1% C 以下の低炭素鋼は板・パイプとして建築その他家庭用器具に、0.1~0.2% C の中炭素鋼は調質してタービン翼・蒸気弁などの耐しゅう性機械部品に、0.4% C 程度の高炭素鋼は焼入状態で不しゅう刃物に用いられる。18% Cr 鋼は、さらに耐しゅう耐摩耗性を増してくるが、これに 2% ぐらいの Mo を加えた Cr-Mo 不しゅう鋼は、18-8 不しゅう鋼に劣らないすぐれた性質を示す。

(2)18-8 不しゅう鋼は 18% Cr, 8% Ni を含むもので、硫酸や塩酸などに対する抵抗性が Ni を加えたことによって増大するので、もっともすぐれた耐酸性を示している。オーステナイト組織をもつため板や管などに加工しやすく、各種化学工業・製紙・醸造工業・その他にひろく用いられている。オーステナイトの結晶粒界に Cr の炭化物が出ると耐しゅう性を害する。これを粒間腐しゅうという。そのため炭素はできるだけ 0.2% 以下にし、1000°C 附近から急冷して炭化物を固溶させて使用する。18-8 不しゅう鋼の Ni の一部または全部を Mn でおき換えた 18 Cr-6 Mn-4 Ni 鋼、18 Cr-9

Mn 鋼なども、18-8 鋼よりは劣るが 13% Cr 鋼よりも耐しゅう性がよい。

5. 耐熱鋼および電熱線

鋼の耐酸化性を増す元素としては、Cr, Al, Si などがあるが、Al, Si は鋼をひじょうにもろくするので、おもに Cr 鋼が用いられる。

(1)不しゅう鋼に用いた 5% Cr 鋼、13% Cr 鋼は同時に耐熱鋼として用いられる。焼戻ぜい性が使用中にあらわれないように 5% Cr 鋼には 0.5% Mo または 1% W, 13% Cr 鋼には 1.5% Mo または 2~3% W が加えられる。Mo, W は高温強度を増すのにも有効である。25~30% の高 Cr 鋼は炉金物・焼鈍箱などに用いられる。

(2)高温における強さは、600°C 以下ではフェライトの組織、600°C 以上ではオーステナイトの組織のものが強力である。6% Cr に 3% Si を加えたシルクロムは、フェライト系の代表的耐熱鋼で各種内燃機関の弁に使用される。しかし高速度の機関で、とくに高温になる排気弁にはオーステナイト系の 14-14 Ni-Cr 鋼がもっとも優秀で、Ni 14%, Cr 14% のほかに 2% 程度の W が加えられている。18-8 不しゅう鋼、15 Cr-15 Mn 鋼も耐熱鋼としてすぐれたものである。

(3)電熱線として有名なニクロムは 80% Ni, 20% Cr の合金である。安価なニクロムには 4~6% の Fe が加えられ、インコネルといわれている。代用電熱線としてひろく用いられているカントルは Cr 13~30%, Al 2~6% を含む Fe-Cr-Al 合金である。い
ずれも耐熱鋼・不しゅう鋼として使用することができる。

6. 工具鋼および硬質合金

工具鋼は炭素鋼・Cr鋼・W鋼・W-Cr鋼・高速度鋼に分ける。

(1) 特殊工具鋼 炭素鋼に Cr または W を加えると、炭化物がひじょうにかたくなって耐摩耗性を増し、しかもかたさが高温度までなまりにくくなる。切削工具としては、切れ味がよくなり、型用工具としては高温度の作業に適するようになる。また Cr は焼きがはiriやすくなるので、焼割れや変形を防ぐことができる。ふつう Cr は 0.5~3%, W は 0.5~8% ぐらい加えられる。

第 4.4 表はその一例である。

切削工具には合金元素を少なく、型用工具には多く加えている。

第 4.4 表 タングステン・クロム鋼の組成および用途

炭素 (C)	タングステン (W)	クロム (Cr)	バナジウム (V)	その他	用途
0.3~0.5	1.0~2.5	0.5~1.0	—	—	つち
1.0~1.3	1.0~2.5	#	0.1~0.3	—	ドリル・リーマ・カッタ・タップ・のこぎり
0.3~0.5	3.0~6.0	1.0~2.0	—	—	タガネ・ポンチ・高温加工ダイス
1.2~1.5	3.0~7.0	0.5~1.5	0.2~0.4	—	仕上用刃物・沖線用ダイス
0.3~0.5	8.0~15.0	2.0~3.5	—	—	高温加工引抜型
1.0~2.0	8.0~1.2	2.0~3.0	0.4	コバルト 1~2	高温パンチ・高温用工具

火造温度 950°~1050°C 焼鈍温度 750°~900°C 焼入温度 800°~1050°C 焼戻温度 150°~450°C

(2) 高速度鋼 高速度鋼の標準組成は、0.6~1.0% C, 18% W, 4% Cr, 1% V で、これを 18-4-1 型 といい、硬質の鋼材を高速度に切削するのに用いられる。さらにかたい特殊鋼材の切削には、これに 3~4% Co を加え、オーステナイト組織の粘い高 Mn 鋼、高 Ni-Cr 鋼 などの切削には、8~16% Co を加えた Co 入高速度鋼 が用いられる。1250°C から焼入した状態ではわりあいにやわらかい

が、580°C 附近に焼き戻すと始めて硬化する性質がある。焼戻して得られた硬さは切削中もなまらず、よい切れ味を示す。

(3) 硬質合金 高速度鋼よりさらにより切削工具には、ステライトやウイディアなどの硬質合金がある。

ステライト は 40~45% Co, 25~35% Cr, 12~20% W, 2~3% C を合金したもので、刃先の型に鑄造し、鋼の柄にろうづけして使用する。Cr および W の炭化物が集まった組織でひじょうにかたく、高温度までその硬さをもっている。ステライトは耐摩耗性が大きいので、弁および弁座の接触面による接(もりがね)することもあり、これをステジジグという。

ウイディア は W の炭化物 WC と 6% 程度の Co の粉末とをまぜて圧縮し、1450°C 附近に加熱してつくられた焼結合金で、鋼の柄に銅でろうづけして使用する。WC はダイヤモンドに劣らないほどかたいが、ひじょうにもろいので切削中衝撃を受けないように注意を要する。高速度鋼では切削できないかたいガラス質やチル鑄物なども切削できるし、鋼では高速度鋼の 2 倍、鑄鉄などでは 5~8 倍ぐらいの切削能力をもっている。バイトだけでなくカッタ・ドリル・ダイスなどにもひろく用いられる。

7. 電磁氣用鋼

(1) 永久磁石の性質は、工具鋼と同じに組織がこまかく硬さの高いほど優秀で、その組成熱処理も工具鋼とほぼ似ている。第 4.5 表はその一例である。磁石としての性質は、残留磁氣の大きなものほど強力であり、抗磁力の大きなものほど長もちがする。

(2) 電氣用鋼板は発電機あるいは変圧器の心板用材料で、ふつうに

第4.5表 永久磁石鋼

種類	成分 (%)					焼入温度 (°C)	磁性		
	炭素	タンゲステン	クロム	コバルト	モリブデン		残留磁気 (Br)	抗磁力 (Hc)	Br × Hc × 10 ⁻³ 平均
高炭素鋼	0.8~1.2					750~770水	7000~8500	45~60	450
タンゲステン鋼	0.65~0.80	5~6	0~1.0			800~860水	9500~11500	55~70	650
クロム鋼	0.9~1.2		1.0~3.0			790~810水	9500~11000	53~65	580
低コバルト鋼	0.9~1.2		5~6	5~6		850~930油	9000~9500	85~100	850
中コバルト鋼	0.9~1.2		8~11	8~11	1.0~1.5	850~930油	9000~9500	140~165	1250
高コバルト鋼	0.9~1.2		9~11	14~17	1.0~1.5	850~930油	7500~9500	170~200	1500
K. S 鋼	0.8~1.05	5~9	1.5~5	30~40	0~4.5	950~1,000油	8000~9000	220~250	1900
M. K 鋼	0~1.0	Al 12	5	Ni 30.8	Fe 残	鋳造加熱 650	9000~9400	120~430	2100~5600
新K. S 鋼	0.1~1.0	Ti 8~25	Ni 10~20	30~35	Fe 残	鋳造加熱 600	6350~7600	790~920	4700~7000

(註) M. K 鋼および新 K. S 鋼を除くほかのものは適当な焼入・焼戻操作を施す。

けい素鋼板といわれ、0.1% C 以下 0.8~4.0% Si を含んでいる。その性質は、磁石鋼と正反対に磁場の影響がいつまでも残らないことが望ましく、組織はできるだけ粗大なフェライトの結晶粒にする。そのために、高温圧延後 5~10% の低温圧延を行い、焼鈍して再結晶させる。0.8~1.0% Si 鋼は磁極用、1.1~1.6% Si 鋼は回転子、2~3% Si 鋼は固定子として発電機に用いられ、4% Si 鋼は変圧器に用いられる。

パーマロイは、75~80% Ni を含む Fe-Ni 合金で海底電信の

受信機用線軸に用いられる。弱い磁場に、ひじょうに大きな感応度をもっている。

(3)非磁性鋼は、磁性をきらう電気器具の部品に用いられるので、不しゅう鋼および耐熱鋼に用いたオーステナイト組織の合金は、これに適している。ふつう用いられるのは、0.2~0.3% C, 26% Ni を含む Ni 鋼である。抗張力 60~70 kg/mm², 伸び 30~45% をもち、耐しよく性にも富んでいる。

8. 特殊目的に用いられる特殊鋼

(1)不変鋼 金属材料は温度がのぼると膨脹する性質があり、1°C 温度がのぼるとその長さが何% 膨脹するかという率を線膨脹率という。

アンバーは 36% Ni を含む Fe-Ni 合金で、常温附近の膨脹率が 1×10^{-6} ぐらいのきわめて小さいもので、ふつう鋼の 1/10 ぐらいである。これを不変鋼といい、時計の振子、長さの標準原器や精密機械部品に用いられている。これに 5% ぐらい Co を加えるとさらに膨脹率が小さく、 0.1×10^{-6} ぐらいになるので超不変鋼といわれている。

エリンバー(36% Ni, 12% Cr, 残 Fe)は弾性率が温度によって変化しない特長があるので、時計ばねやクロノメータ、音叉(音叉)などに用いられる。

ダイヤルバー(44% Ni-Fe)は 8×10^{-6} ぐらいのガラスと同じ線膨脹率をもっている。またプラチナイト(46% Ni-Fe)は 9×10^{-6} の白金と同じ膨脹率をもっている。ともに白金線代用として電球の導入線に用いられる。

(2)球軸受用鋼 球軸受やロール軸受用鋼には 1.0% C, 0.5~2.0% Cr の Cr 鋼が用いられる。10 mm ぐらいまでの小形のものでは 0.5% Cr ぐらいにとどめ、大形になるほど Cr 量を増して 60 mm 以上では 1.5% Cr ぐらいにする。

(3)ゲージ用鋼 ゲージ用材料は工具鋼に属するが、1.0% C 前後に 0.5% の Cr または W を含むものが水焼入してひろく用いられる。焼入による狂いを少なくするためには、Mn, Cr, W の量を 1.0~1.5% に増して油焼入する。

(4)快削鋼 快削鋼はボルト・ナットその他あまり強さを重要視しない小型部品を自動機械にかけて大量に生産するために、とくに P, S を増して被切削性をよくした鋼である。第 4.6 表にその一例を示す。

第 4.6 表 快削鋼

鋼種	Mn (%)	Si (%)	P (%)	S (%)	鋼質	用途
軟鋼	0.6~1.0	<0.08	0.09~0.15	0.1~0.3	轉炉鉄附鋼	一般自動車部品
軟鋼~半硬鋼	1.0~1.5	0.15~0.3	<0.045	0.1~0.25	平炉鑄鋼	強じん自動車部品

13% Cr 鋼、18-8 不しゅう鋼などにも、切削性を増すために 0.18~0.35% の S を加えたものもある。

快削鋼は表面がきれいに仕上がるので、その抗張力に比べて疲労限は高くなる。

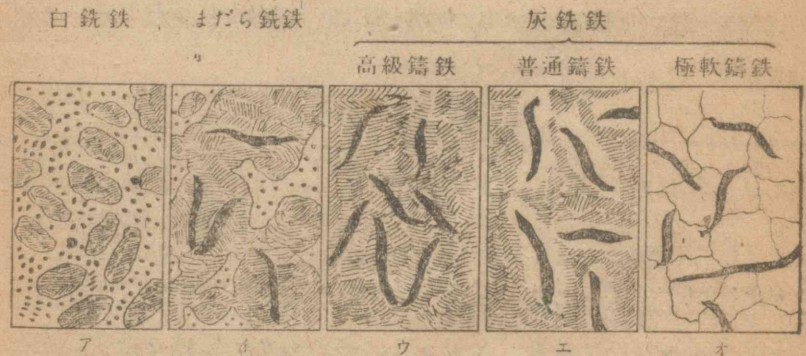
4. 鑄鉄および特殊鑄鉄

鑄鉄は、金属材料のうちでもっとも安い材料であり、ひじょうに大型のものでも、またひじょうに複雑な部品でも、ようにつくることができる。また、鑄物の表面には黒皮といわれるひじょうにか

たい層がうすくできるので、そのままでもさびにくく、塗料もよくなるので長く使用してもいたまない。黒皮を除けば、油をつけないでも削れるほど切削加工がしやすい性質をもっている。したがって、鑄鉄部分のない機械は少ないくらいひろく用いられているが、強さが弱くて、しかももろく、とくに、衝撃に弱いことが欠点である。

1. 鑄鉄の組織による分類

「鑄鉄は 1.7% 以上の炭素を含む Fe-C 合金である」と定義されている。しかし、実際に使用されているのは 2.5~3.5% の C と 1~2.5% の Si を含んでいるので、C と同時に Si の量によっても組織および性質が違ってくる。第 4.21 図は鑄鉄にみられるいろいろ



第 4.21 図 鑄鉄の組織

るな組織で、C および Si の量が多くなるにつれて、(ア)から(オ)に順に変化する。その状態を 3% C ぐらいの鑄鉄に例をとってしらべてみよう。

(ア) Si 量の少ないときは、Fe-C 系状態図(第 4.7 図)からもわかるようにオーステナイトから変態してできたパーライトと、共晶として出たセメンタイトとがみられる。このように鑄鉄に含まれる炭

素が、全部鉄と化合してセメンタイトとしてあらわれると、材質はひじょうにかたく、破面が銀白色に見えるので白銑鉄という。

(イ) Si が 1% 近くはいると、炭素の一部はそのまま遊離状態の黒鉛としてあらわれ、共晶セメンタイト・黒鉛およびパーライトの組織となる。これをまだら銑鉄(斑銑鉄)という。

これより Si が多くなると、共晶のセメンタイトはぜんぜんあらわれず、黒鉛だけとなり、材質はやわらかく破面が灰色になる。これを灰銑鉄またはネズミ鑄鉄という。ふつう鑄鉄といえば灰銑鉄のことである。灰銑鉄もまた3種に分けられる。

(ウ) Si 1~2% を含んだ鑄鉄は、パーライトの地に黒鉛だけが存在する組織となる。鑄鉄の組織のうちもっとも強いもので、パーライト鑄鉄または高級鑄鉄という。

(エ) さらに Si が増すと黒鉛の周囲にフェライトがあらわれ、しだいにパーライトの部分が減少する。いっばんの普通鑄鉄はこの組織をもっている。

(オ) Si 2.5% 以上になるとまったくパーライトがなくなり、黒鉛とフェライトだけになる。ひじょうにやわらかい組織で極軟鑄鉄という。

このような組織の変化は凝固の速度によっても起り、金型に鑄こむと白銑鉄になりやすく、砂型に鑄こむと灰銑鉄となりやすい。

2. 鑄鉄の強さと用途

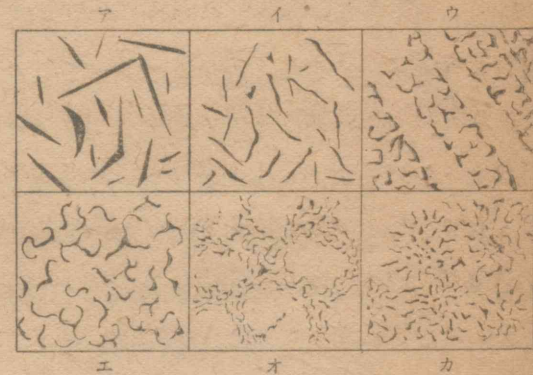
(1) 鑄鉄の強さはまったくその組織のいかんによるもので、(C+Si)の合計含有量が 4.2~4.6% ぐらいのときが砂型鑄物で 20 kg/mm² 以上のパーライト鑄鉄になりやすい。白銑鉄に近くなるとかたさは

第4.7表 機械鑄物

種類	C (%)	Si (%)	抗張力 (kg/mm ²)	硬さ
普通鑄鉄	3.5	1.5~2.0	10~18	140~180
シリンダ鑄鉄	3.0~3.2	1.5~2.0	18~25	180~210
高級鑄鉄	2.6~3.0	1.0~1.5	25~35	200~230

いちじるしく増すが、抗張力がかえって減少する。鑄鉄の強さはまた黒鉛の形状・大きさにも大いに影響されるので、よう融鑄造にいろいろな工夫が行われている。

第4.22図はいろいろな黒鉛の出方を示したもので、いっばんに冷却速度が速いほどアからカに変化する。アおよびイは片状黒鉛と



第4.22図 黒鉛の形状

いい、その周囲にはフェライトが出やすい。イおよびロはうず状黒鉛といって、地はふつうパーライト組織になる。カおよびキは共晶黒鉛といい、かえってその部分にフェライトを生じやすくなる。強力な鑄物は、キのように黒鉛がこまかいうず状黒鉛として一ように分布したいわゆるきく目組織となり、地はパーライト組織になることが望ましい。

(2) 日本標準規格においては、強さによって4種に分けている。いっばんに鑄鉄はもろくて、ほとんど伸びを生じないから、30 mm 直径の丸棒を 300 mm の支点距離で曲げ試験を行って粘さの基準としている。

第4・8表 鑄鉄の規格と用途

種別	抗張力 (kg/mm ²)	抗折荷重 (kg)	たわみ (mm)	用途
第1種	>10	>800		美術鑄物・はずみ車・紡績機械
第2種	>14	>1100	>2.0	一般機械・工作機械
第3種	>19	>1350	>2.5	シリンダ・蒸気機械・歯車・段車
第4種	>23	>1600	>3.0	ピストン・ピストンリング

3. 諸元素の影響

鑄鉄には、C, Si のほかに Mn, P, S が存在し、よい鑄物をつくるには適当な組成範囲を選ばなければならない。

(1)C および Si は、鑄鉄の材質にもっとも大きな影響をもつもので、(C+Si) 量が多くなるほど流動性はよく凝固の際の収縮も少なくなり、いわゆる可鑄性を増すが強さが弱くなる。必要な強さに應じてその量がきめられるが、肉厚のうすいものには Si 量を多めにする。

(2)Mn はふつう 0.4~1.0% 含まれる。少ない間は S の害を除き、可鑄性を増すが、多くなると白銹化の傾向があってもろくなり、可鑄性もわるくなる。ふつう 0.8% ぐらいがよい。Mn がはいると凝固速度による影響が大きくきくので、肉厚の不同のものには少なくする。

(3)P はりん化鉄をつくってひじょうにもろくなるが、凝固温度がさがるので流動性はいちじるしくよくなる。ふつうは 0.2~0.7% ぐらいで、肉厚のうすいものや耐摩耗性を要するものには多少多くてもよいが、強力鑄物や耐熱鑄物にはできるだけ少なくする。うすい装飾用鑄物には 1.2% 近く加えることもある。

(4)S は白銹化の傾向がいちじるしく、鑄物の材質をかたくもろく

し、流動性を害するなど、すべての点で極力少なくする必要がある。ふつうは 0.1% 以下であるが、とくに薄物には少なくする。S の害は Mn でいくぶん除くことができる。

第4・9表は 20 kg/mm² の鑄鉄をつくるときに、肉厚によってど

第4・9表 鑄鉄の配合の一例

種類	C (%)	Si (%)	Mn (%)	P (%)	S (%)	
鑄鉄にふつう含まれる量	2.5~3.5	1.0~2.5	0.4~1.0	0.2~0.7	<0.1	
20 kg/mm ² を目標とする場合	小物	3.4	2.30	0.60	0.70	0.03
	中肉	3.4	1.70	0.80	0.60	0.08
	肉厚	3.3	2.20	0.80	0.50	0.10

んなに組成を変化したのが適当であるかの一例である。

4. 鑄物の実際

(1)配合 このように鑄鉄の性質は不純物の量にひじょうに影響されるので、原料となる銹鉄(第2・1表)は、その鑄物に適したものを選ばなければならない。1号銹は力を要しない美術鑄物に、2号・3号銹はふつうの機械鑄物に適し、4号銹は1号銹とともに C および Si 量を増減するのに用いられる。高級鑄鉄のように低 C、低 Si 鑄鉄には、多量の鋼屑を配合するが、鋼屑がキエボラ中でよう融するまでには多量の炭素を吸収するので、配合の際その炭素量を 2.7% として計算するのがふつうである。

よう融中に起る諸元素の増減としては、C は 3% 附近では変化がなく、それ以下では増加し、それ以上では反対に減少する。Si は約 10%、Mn は 20% の減少があり、P はほとんど変化がなく、S は 30% 近くの増加がある。これを考慮して、フェロシリコン(約 30% Si)やフェロマンガ(約 70% Mn)などが適当に加えら

れる。

(2)鑄造 鑄込温度は 1250~1350°C がふつうであるが、高級鑄鉄においてきく目組織をつくるには、1500~1600°C に過熱して黒鉛の出方をこまかくする方法がある。また鑄込まえに湯に振動を興える方法、鑄型を 200~500°C に加熱する方法などがあり、その方法にとくに適した組成にして行われる。

(3)焼鈍し 鑄造ひずみを除くためには、500~550°C に数時間焼鈍しする。工作機械用鑄物などでは、焼鈍し後長日月の枯しを行なって狂いを防ぐ。この際 600°C 以上に加熱すると、パーライト中のセメンタイトが 620~800°C の間で分解して、焼鈍黒鉛となり体積はいちじるしく膨脹する。その他の原因もあって、鑄鉄が高温度において膨脹することを鑄鉄の成長という。

5. 合金鑄鉄

(1)Ni—Cr 鑄鉄 鑄鉄に 2% 以下の Ni, 1% 以下の Cr を単独にまたは同時に加えると、強さも大きく耐摩・耐熱・耐しよく性のすぐれた合金鑄鉄ができる。高級なピストン・シリンダ・カム軸・クランク軸などに用いられる。Ni はおもに鑄鉄の切削性をよくし、肉厚の不同による影響を少なくする特長がある。Cr はおもに組織を微細化し、抗張力・たわみともに増加する性質がある。さらに、両元素ともパーライト鑄鉄になる組成範囲を高 C, 高 Si 側に拡大し、いわゆる普通鑄鉄を高級鑄鉄にする働きがある。そのままでも 35~45 kg/mm² の抗張力をもっているが、これを熱処理 (850°C 油焼入・焼戻し) して強さと同時に粘さを増加することができる。Mo も Cr と同じような性質があり、とくに肉厚鑄物の組織を均一にすること

と調質がよいになる特長があるので、Ni 鑄鉄または Ni—Cr 鑄鉄に 1% 以下加えられることもある。

(2)耐熱鑄鉄 耐熱性は Cr によっていちじるしくよくなるので、ストーブ鑄物や火床格子などには 0.6~1.2% の低 Cr 鑄鉄が用いられる。その上薄物には Si を増すか、Ni を加えるかして粘くする。C 3%, Si 2%, Cr 14~32% (ふつう 20% 強) の高 Cr 鑄鉄は、熱処理炉用の搬送リンク・焼鈍し箱その他に用いられ、1000°C においてもほとんど酸化しない。

(3)耐しよく鑄鉄 鑄鉄は、アルカリには強いが、酸には弱いので、Si, Cr, Ni などを加えて耐しよく性を増加させる。Ni 3~4%, Cr 1% ぐらいの Ni—Cr 鑄鉄でもいちじるしく耐しよく性を増す。高合金鑄鉄としては、C 0.5~0.9%, Si 10~17% の高 Si 鑄鉄や、C 2%, Si 1.5%, Cr 24~34% の高 Cr 鑄鉄などがある。

(4)レジスト C 約 3%, Si 1.5~2%, Cr 2~4%, Ni 15% 以上を含む高 Ni 鑄鉄で、オーステナイト組織をもつ鑄鉄である。耐熱鑄鉄・耐しよく鑄鉄としてひじょうにすぐれていると同時に、非磁性鑄鉄としての用途もある。

6. チルド鑄物

(1)鑄鉄はふつう砂型に鑄造されるが、金型に鑄造すると表面だけ急冷されて白鉄鉄となり、内部はゆっくり冷却してネズミ鉄鉄となるので、ちょうどじん炭鋼のように表面がかたくて耐摩耗性に富み、内部はやわらかくて、粘い状態の鑄物が得られる。これをチルド鑄物といい、表面の硬化層をチル層という。チルド鑄物は圧延用ロールや鉄道用車輪などに用いられ、つぎの組成が適している。

C 2.8~3.2%, Si 0.5~0.8%, Mn 0.3~0.6%,
P 0.2~0.6%, S 0.03~0.08%.

(2)この標準組成のものは表面硬度 400~500, 深さ 40 mm ぐらいのチル層が得られ, 抗張力は白銑部が 20 kg/mm², 灰銑部が 20~25 kg/mm² ぐらいである。表面硬度を増すには, Ni を加えるのがもっとも有効である。3~4.5% の Ni を加えると, いちじるしく硬化して 600 ぐらいの硬度となるが, チル層の深さは減少して 5 mm 以下となる。Cr による硬度の増加はわずかであるが, チル層の深さはいちじるしく深くなる。ゆえに, Ni は 4%, Cr は 1% を中心として適当に合金量を選べば, 表面硬度 600 以上をもつチル層が得られ, しかもその厚さを 20~40 mm の範囲に適当に加減してつくることのできる。

7. 可鍛鑄鉄

鑄鉄ではもろくて弱すぎるが, 高価な鋼を使うほどの強じんさを必要としない部品, 管の接手, 車両用金具・自動車用小部品・スパナなどには可鍛鑄鉄が用いられている。可鍛鑄鉄には白心・黒心の2種があり, 第 4.10 表のような違った組成のものが用いられている。

第 4.10 表 可鍛鑄鉄の組成

白	心	C 2.8~3.2%	Si 0.6~0.8%	Mn < 0.4%	P < 0.1%	S < 0.2%
黒	心	C 2.4~2.7%	Si 0.8~1.1%	Mn < 0.4%	P < 0.2%	S < 0.05%

可鍛鑄鉄は, まず白銑鉄として鑄造されるが, 白心と黒心では粘さを増すために行うその後の処理が違ふ。白心可鍛鑄鉄は赤鉄銹などの酸化剤とともに鉄箱に密閉し, 950°C に数日間加熱して脱炭を

行い, 0.6~0.8% C の鋼質にする。その破面は白色である。黒心可鍛鑄鉄は酸化剤をほとんど用いず, たんに鉄箱中で 900°C に 2 日ぐらい加熱し, つぎに 700°C に 2 日間ぐらいふたたび加熱してセメンタイトを黒鉛化したもので, その組織はフェライトの地に焼鈍黒鉛が小さい球状となって散在する組織となり, 破面は黒色に見える。白心可鍛鑄鉄は肉厚 15 mm 以下の薄物に適し, 黒心可鍛鑄鉄は 70 mm ぐらいまでの大物にも使用される。強さは処理の程度によって違ふが, だいたい抗張力 30~40 kg/mm², 伸び 5~10% ぐらいである。

8. 鑄 鋼

複雑な形状で, 火造りの困難な鋼製品は鑄造してつくられる。0.1~0.6% C の範囲の鑄鋼があり, 低炭素鑄鋼は電氣機械部品, たとえばコロやわくなどに用いられる。高炭素鑄鋼は, 歯車やロールなどの強力耐摩耗部品に用いられる。鑄造のままでは組織があらくてもろいが, 焼準しを行うと, ふつうの鍛造品と同程度の強さが得られる。しかし, 鑄造は相当むずかしく, 鑄型には耐火度の高い砂を用い, 薄物には生型, 厚物には乾燥型とし, 1500°C 附近から鑄こまれる。鑄引率が大きく, 割れ・スなども生じやすいが, 使用上差支えないぐらいのものは, 電氣またはガスよう接で修理して用いる。十分脱酸鎮静を行うので, 火造品よりも Mn, Si がいくぶん多めになるが, とくに 1% ぐらいの Mn は鑄鋼の性質を改善する。

結 言

ここに、機械材料のぜんばんにわたっての検討をおわった。われわれは、これによってなにを得たであろうか。1年まえと現在とで機械の見方に違いができたであろうか、日ごろ目にふれる材料に、いっそうの親しみを感ずるようになったであろうか。

机上の学問よりも、活きた学問がたいせつである。学校における実習に、通学の際の交通機関に、電車のつり革一つにも、ここに得た材料の知識を大いに活用するようにつとめよう。とくに、こわれた機械の材料は、調子のよい機械の材料よりもより多くのことを教えてくれるであろう。今まで学んだところはほんの材料の常識にすぎないが、実際に起ってくるいろいろな問題に十分鋭い判断をくだすことができるはずである。

そして適材を適所に、むだなく材料を活かして使うようにつとめよう。

索 引

ア		ウ	
亜鉛	zinc.....68,72	ウイディア	widia.....103
赤み	heart-wood.....6	うるし	lacquer.....24
亜共晶合金	hypo-eutectic alloy.....37	ウッドメタル	Wood's metal.....71
亜共析鋼	hypo-eutectoid steel.....86		
赤れんが	red-brick.....3	エ	
圧縮試験	compression test.....41	永久磁石	permanent magnet.....103
合せガラス(安全ガラス)	safety glass.....9	液相線	liquidus line.....37
アスファルト	asphalt.....24	エチルアルコール	ethyl alcohol.....22
アセチレンガス	acetylene gas.....23	エメリー紙	emery paper.....15
アドミラルティ黄銅	admiralty brass.....60	エリンバー	elinvar.....105
アマルガム	amalgam.....47	エレクトロン	electron.....55
網入ガラス	glass containing wire...9	鉛丹塗料	suboxide lead paint...24
アランダムれんが	alundum brick.....4	塩浴そう	salt bath.....90
アルミニウム	aluminium.....47	エボナイト	ebonite.....11
アルミニウムエナメル	aluminium enamel.....25	オ	
アルミナ	alumina.....47	オイルシエール(油けつ岩)	oil shale...22
アルミ青銅	aluminium bronze.....64	黄銅	brass.....58
アルミ黄銅	aluminium brass.....61	オーステナイト(大州田)	austenite...84
アルマイト	alumite.....26	織物ベルト	cloth belt.....13
アルメル	alumel.....73	オリーブ油	olive oil.....17
アルムコ鉄	armco iron.....82	カ	
アンバー	invar.....74,105	快削鋼	free cutting steel.....106
安全率	factor of safety.....44	灰銑鉄	gray pig iron.....108
		過共晶合金	hyper-eutectic alloy...37
		過共析鋼	hyper-eutectoid steel...86
		拡散	diffusion.....36
		加工硬化	work hardening.....31
		硬さ試験	hardness test.....41
		かっ炭	gray coal.....20
		カップグリース	cup grease.....17
		可鍛鉄	malleable cast iron...114
イ			
石綿	asbestos.....5		
板目	tangential grain of wood.....7		
イルカ油	dolphin oil.....16		

可鍛性 malleability, forgeability37
 可鑄性 castability37
 活字合金 type metal71
 可より合金 fusible alloy71
 枯し ageing112
 カリガラス potassium glass9
 カロライジング calorizing26
 革ベルト leather belt12
 カンタル kantal101
 ガスコークス gas cokes20
 ガラス glass8
 ガラス綿 glass wool5
 化合物 compound34
 荷重-伸線図 (應用-ひずみ線図) load-elongation diagram (stress-strain diagram)30
 カーボランダム carborundum14

キ

貴金属 precious metal46
 揮発油 gasoline21
 氣ほう(ス) blow hole30
 共晶黒鉛 eutectic graphite109
 共晶組織 eutectic structure36
 共晶合金 eutectic alloy37
 強じん鋼 high tension steel96
 共析鋼 eutectoid steel86
 切欠効果 notch effect40
 木型用材料 material for split pattern6
 牛脚油 neats foot oil16
 牛脂油 tallow oil16
 ギヤ-グリース gear grease17
 凝固点 solidifying point29
 銀ろう silver solder71

ク

空間格子 space lattice27
 クラウンガラス crown glass9
 クロムれんが chromium brick4
 クロマイジング chromizing26
 クロメル chromel73
 グリース grease17

ケ

けい酸質混合セメント silicate mixed cement2
 けい石れんが silica brick4
 けい素鋼板 silicon steel plate104
 けいそう土 diatomite5
 軽油 light oil21
 軽合金 light alloy47
 結晶構造 crystal structure27
 結晶粒 crystal grain27
 ケルメット kemet63
 研摩といし(車) grinding wheel14
 顕微鏡組織 micro-structure35
 鯨膜油 sperm oil16
 鯨油 whale oil16
 ゲージ鋼 gauge steel106

コ

硬鉛 hard lead72
 高温加工(熱間加工) high temperature production(hot working) 32
 高温計 pyrometer73
 鋼管 steel pipe81
 コークス cokes20
 銍さい(銍滓)(ノロ) slag75
 銍さい綿 silicate cotton5
 硬質ゴム hard rubber vulcanized11
 高速度鋼 high speed steel102

抗張試験 tension test39
 抗張力 tensile strength39
 降伏点 yielding point39
 高力黄銅 high tension brass60
 硬ろう hard solder70
 高炉セメント blast furnace cement2
 高炉ガス blast furnace gas23
 工具鋼 tool steel83, 102
 構造用鋼 structural steel82, 95
 鋼板 steel plate80
 コッパーペイント copper paint25
 黒鉛(グラファイト) graphite108
 黒心可鍛鑄鉄 black heart malleable cast iron114
 固相線 solidus line37
 固溶体 solid solution34
 コルク cork5
 コルソン合金 Corson alloy58, 66
 コランダム colundum14
 コンクリート concrete3
 コンスタンタン constantan67, 73
 合金の組織 structure of alloy33
 合成樹脂 compound resin10
 極軟鋼 extra mild steel82
 極軟鑄鉄 extra soft cast iron108
 ゴム rubber11
 ゴムベルト rubber belt12

サ

再結晶温度 recrystallization temperature31
 酸化クロム chrome oxide15
 酸化鉄塗料 iron oxide paint24
 三元合金 ternary alloy33
 残留オーステナイト residual austenite88
 残留磁気 residual magnetism103

シ

収縮あな shrinkage cavity30
 シェラダイジング sherardizing26
 質量効果 mass effect90
 シートバー(薄板用鋼片) sheat bar80
 シャモットれんが shamoto brick4
 シャルビー衝撃値 Charpy impact value40
 衝撃試験 impact test40
 初晶 primary crystal36
 白み sap-wood6
 シリンダ油 cylinder oil16
 シルミン silumin53
 シルジン青銅 siluzin bronze61
 真ちゅうろう(真鍮鑄) brass solder70
 しん炭(滲炭) cementation94
 絞り contraction of area40
 常温加工 cold working31
 重油 heavy oil21
 樹状組織 dendrite36
 時間焼入 time quenching91
 時期割れ(自然割れ) season crack59
 軸受合金 bearing metal68
 時効硬化 age hardening51
 磁鉄鉱 magnetite75
 ジュラルミン duralumin50
 人造ゴム synthetic rubber11
 樹皮 bark6
 潤滑油(剤) lubricating oil15
 條鋼 steel bar80
 純鉄 pure iron82

ス

ステライト stellite103
 水銀 quick silver47
 ステライジング stollizing103
 スラブ(板用鋼片) slab80
 すず tin68, 72

すず器 pewter.....72
 すべり slip28
 髄心 core of wood6
 スピンドル油 spindle oil.....15

セ

青化法 cyanide method94
 青熱ぜい性 blue shortness92
 製司コークス beehive cokes20
 青銅 bronze.....61
 青銅鑄物(砲金) bronze casting (gunmetal)62
 石英ガラス silica glass9
 赤鉄鉱 hematite.....75
 石炭 coal20
 石炭ガス coal gas20,22
 赤熱ぜい性(高温脆性) red shortness 92
 析出 precipitation.....36
 石油 petroleum21
 せっけん水 soap water.....18
 切削油 cutting oil.....18
 セメントタイト cementite84
 セメント cement2
 繊維組織 fiber structure.....31
 船底塗料 paint for ship's bottom225
 銑鉄 pig iron76
 線膨脹率 coefficient of linear expansion.....105
 セーゲル斗い Seger cone4

ソ

相 phase33
 塑性変形 plastic deformation28
 ソルバイト sorbite87,89
 ソーダガラス soda glass8
 粗銅 raw copper57

タ

耐火れんが fire brick.....4
 耐熱鋼 heat resisting steel ...101
 耐熱鑄鉄 heat resisting cast iron113

耐熱ガラス(バイレックス)

heat proof glass9
 多結晶体 poly crystal28
 タール tar21
 炭素 carbon46
 炭素鋼 carbon steel81
 炭酸マグネシウム magnesium carbonate5
 タングステン tungsten46
 タービン油 turbine oil.....16
 ダイナモ油 dynamo oil16
 弾性変形 elastic deformation.....28
 弾性限 elastic limit39

チ

鑄塊(インゴット) ingot79
 中間合金(母合金) mother alloy49
 鑄鋼 cast steel115
 鑄鉄 cast iron106
 窒化法 nitriding94
 超不変鋼 super invar.....105
 チルド鑄物 chilled casting113
 鎮静(キルド)鋼塊 killed ingot79
 縮しろ shrinkage30

テ

鉄 iron74
 天然ガス natural gas22
 デイルバー dilver105
 でい炭 peat.....20
 デューコール鋼 doucol steel98
 デュラナメタル durana metal60
 デルタメタル delta metal60

電解鉄 electrolytic iron82
 電気メッキ法 electro plating.....26
 電気炉 electric furnace78
 電気銅 electric copper.....57

ト

ドウメタル Dow metal55
 特殊鋼 special steel95
 トッコ法 Tocco method95
 トタン板 zinc-plate26
 トムバツク tombac58
 トルースタイト troostite88,89
 銅および銅合金 copper & copper alloy46,56

ナ

内燃機油 combustion engine oil16
 なたね油 rape (-seed) oil17
 鉛 lead68,72
 鉛入黄銅 lead brass60
 鉛ガラス lead glass.....9
 生ゴム raw rubber11
 軟鋼 mild steel82
 軟質ゴム soft rubber11
 軟ろう(ハンダ) soft solder.....70

ニ

乳化油 emulsion oil.....17
 にかわ glue8
 ニクロム nichrom101
 肉眼組織 macro-structure29
 ニッケル nickel.....46
 ニッケル黄銅 nickel-brass61
 ニッケルクロム鋼 nickel-chrom steel96
 ニッケルクロム鑄鉄 nickel-chrom cast iron112

ニッケル青銅 nickel-bronze66
 ニレジスト niresist113
 にがり brine54
 二元合金 binary alloy.....33
 二段焼入 double quenching91

ネ

熱起電力 thermo-electro motive force.....73
 熱浴焼入 hot bath quenching ...91
 熱電対 thermo couple.....73
 燃料 fuel15
 年輪 annual ring.....6
 ネズミ鑄鉄 gray pig iron.....108
 ネーバル黄銅 naval brass60

ノ

のと屑 saw-dust5
 伸び elongation.....40

ハ

白色合金 white metal47,68
 白心可鍛鑄鉄 white-heart malleable cast iron114
 発生炉ガス producer gas.....23
 ハッドフィールド鋼 hadfield steel ...98
 ばね鋼 spring steel99
 白銑鉄 white pig iron108
 白銅 white copper67
 半成コークス(コーライト) coalite.....20
 鋼 steel74
 はだ焼 case hardening94
 破断点 breaking point.....39
 バイメタル bimetal73
 バビットメタル babbit metal.....69
 バーンメタル Bahn metal70
 パーカー法 Parker process.....26

パーマロイ permalloy 104
 ペーライト pearlite 86
 ペーライト鑄鉄 pearlitic cast iron 108
 パラフィン油 paraffin oil 18

ヒ

表面硬化法 method of case hardening 93
 ヒマシ油 castor oil 17
 比例限 proportional limit 39
 疲労限 fatigue limit 43
 非磁性鋼 non-magnetic steel ... 105
 ヒドロナリウム hydronalium 50
 微粉炭 pulverized coal 21
 ビレット billet 80
 ビッチ pitch 22
 ビッカース硬度計 Vicker's hardness tester 41
 ピンホール pin hole 30

フ

ファイバー fibre 13
 ファイバークリース fibre grease 17
 フェライト(地鉄) ferrite 84
 フェルト felt 5
 不変鋼 invar 105
 不しゅう鋼 stainless steel 99
 縁付(リムド)鑄塊 rimmed ingot 79
 フリントガラス flint glass 9
 ブリキ板 tin-plate 26
 ブリタニアメタル britania metal 72
 ブリネル硬さ brinell hardness 41
 ブルーム(大鋼片) bloom 80
 分塊圧延機 blooming mill 80
 プラチナイト platinite 105

ヘ

平衡状態図 equilibrium diagram... 35

平 炉 open hearth 78
 変 態 transformation 83
 バイナイト bainite 99
 ベークライト bakelite 10
 ベニア板および合板

vaneer & ply-wood 8

ベリリウム青銅 beryllium bronze 66
 ベルト belt 12
 ベンガラ red ochre 24
 ベンゾール benzor 22
 ベイント paint 24
 ペトロラタム petrolatum 16

ホ

ホイスラー合金 Heusler alloy 67
 ほふく限(匍匐限) creep limit 43
 保温材料(断熱材料) heat insulating materials 5
 防しよく塗料 anticorrosive paint 23
 ボーキサイトれんが bouxite brick 4
 ポートランドセメント
 Portland cement 2

マ

マシン油 machine oil 16
 まさ目 regular grain of wood 7
 マリンエンジン油 marine engine oil 16
 マルテンサイト martensite 88
 マンガニン manganin 67
 マンガン青銅 manganese bronze... 69, 67
 マグネシアれんが magnesia brick 4
 マグネシウム magnesium 54
 マグノリアメタル magnoria metal 69
 まだら鉄鉄 mottled pig iron 108
 曲げ試験 bending test 72

ム

無煙炭 hard coal 2

メ
 メタリコン(よう金吹付法)
 metallikon 26
 メチルアルコール methyl-alcohol 22

モ

木 炭 charcoal 19
 木炭ガス charcoal gas 23
 木 材 wood 6, 19
 モネルメタル monel metal 67
 木 綿 cotton 5
 モリブデン molybdenum 46
 モルタル mortar 2
 モビル油 mobile oil 16

ヤ

焼 入 quenching 86
 焼入液 quenching medium 91
 焼鈍し annealing 32, 86
 焼準し normalizing 86
 焼ひずみ quenching strain 90
 焼戻し tempering 86
 焼割れ quenching crack 90

ヨ

よう融点(温度) melting point
 (temperature) 45
 溶解度曲線 solubility curve 37
 よう金浴メッキ法
 metal bath plating 26

よう鉄炉 blast furnace 74
 羊 毛 wool 5
 洋 銀 German silver 67
 洋銀ろう German silver solder... 71

リ

りん青銅 phosphor bronze 63

ル

るつぼ炉 crucible furnace 79

レ

冷却速度 cooling velocity 87
 冷ぜい性(低温ぜい性)
 cold shortness 93
 冷凍機油 ice machine oil 16
 れき青炭 soft coal,
 bituminous coal 20
 れんが brick 3

ロ

ロックウェル硬度計
 Rockwell hardness tester
 41
 ロ ー プ rope 13

ワ

Y 合金 Y-alloy 53
 ワセリン vaseline 16
 ワニス varnish 26

機 械 材 料

昭和22年11月6日印刷
昭和22年11月20日發行
昭和24年4月18日再版印刷
昭和24年5月2日再版發行

著作權所有

著 者
發 行

實業教科書株式会社
代表者 水谷三郎
東京都千代田区五番町5番地

印 刷 者

大日本印刷株式会社(東京1)
代表者 佐久間長吉郎
東京都新宿区市谷加賀町1丁目12番地

發 行 所

實業教科書株式会社
京東都千代田区五番町5番地
振替東京183260番

¥ 24.20 (取引高税込)

千一ノ、赤坂良春

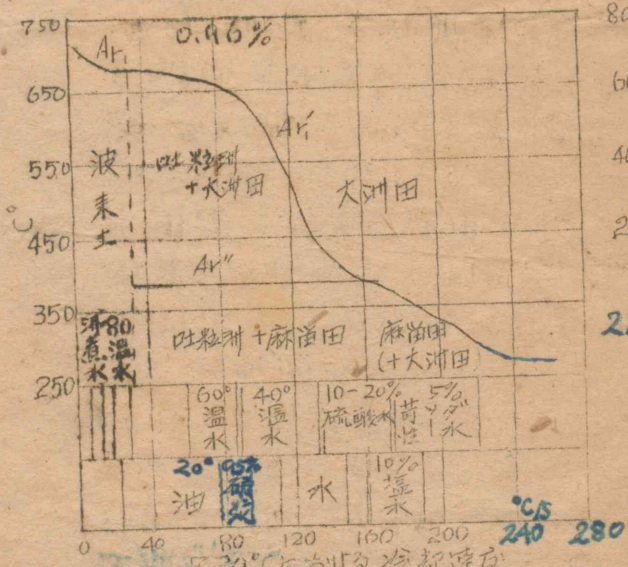
1950. 2. 1.

機 - A 1 赤坂良孝

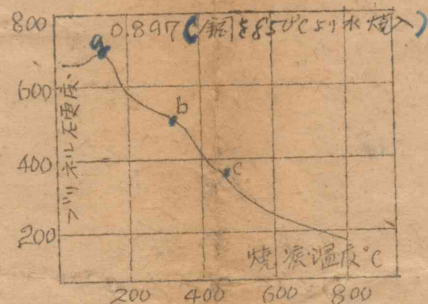
§ 焼入及び焼戻組織

鋼を A_{c3} 以上より急冷すれば常温で大洲田組織となる。炭素鋼は水焼入によるも試料全体が大洲田となり難く、普通麻苗田を交へる組織となる。油焼入では麻苗田に吐粒洲を交へる組織となり、乳化油焼入では粗粒皮となる。以上の様に焼入鋼の組織は冷却液の種類のみならずその温度、試料の焼入温度、肉厚、炭素その他添加元素の種類に依りて異なる。併し結局は試料が A_{r1} 線を通過する時の冷却速度に依りて異なる。試料が全部麻苗田となる場合は冷却速度をその臨界冷却速度と言ふ。

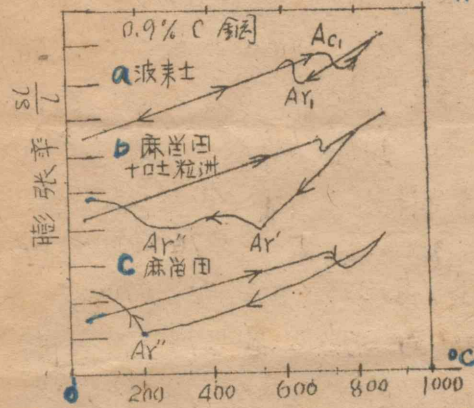
焼入状態図



1 炭素鋼の焼入状態図 (0.96% C 鋼を 875°C より急冷する)



2 鋼の焼入温度と硬度との関係

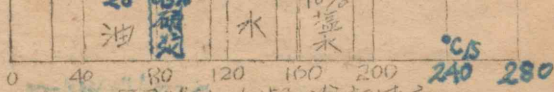


3 鋼の冷却速度と膨張との関係

組織	硬度	
	ブリネル	ロークウエル
アルミコ鉄	90	—
フェライト	155	9
大洲田	255	26
波来土	270	34
粗粒皮	400	47
吐粒洲	720	68.5
麻苗田	820	74
セメント	—	—

4 鋼の組織の硬度

鋼の加熱冷却における膨脹率を測定すれば、炉中冷却のものには 3 図 a の様に 720°C で A_{r1} 変態を起し波来土となり、熱湯で急冷したものには b の様に 600°C 及び 200°C で二つの変態を起して吐粒洲を交へる麻苗田となる。又水に急冷したものには c の様に 200°C で変態を起して麻苗田となる。 600°C の変態は吐粒洲を析出する温度でこれを $A_{r'}$ 、 200°C の変態は麻苗田を析出する温度でこれを $A_{r''}$ とする。これは A_{r1} の変態が冷却速度の影響に依りて異なるからである。



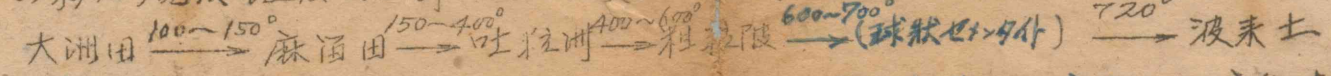
1 鋼の焼入状態 (0.96% C 鋼) を 875°C より急冷する

0.9% C	波来土	255	26
0.9% C	粗粒限	270	34
0.9% C	吐粒淵	400	47
1.6% C	麻田	720	68.5
Fe3C	セメント	820	74

4 鋼の組織の硬度順

鋼の加熱冷却における膨脹率を測定すれば、炉中冷却のものには 3 回 a の様に 720°C で Ar₁ 変態を起し波来土となり、熱湯で急冷したものは b の様に 600°C 及び 200°C で二つの変態を起して吐粒淵を交へる麻田田となる。又水に急冷したものは c の様に 200°C で変態を起して麻田田となる。600°C の変態は吐粒淵を析出する温度でこれを Ar₁ 200°C の変態は麻田田を析出する温度でこれを Ar₂ とする。これは Ar₁ の変態が冷却速度の影響に依り押下げられた現象と見るのである。Ar₁ 変態の本質から説明すれば a の場合は次の変化が同時に起り波来土となる。即ち γ 鉄 \rightarrow α 鉄 (格子型変化), γ 鉄の大洲田からセメントの析出 (原子の変位) となる。b の場合は過冷が劇しい為 γ 鉄の変化が阻止され、 γ 鉄の変化が Ar₂ に引下げて行はれる為 α に対するセメントの固溶体即ち麻田田が現出する。過冷の程度が更に劇しくなれば γ 鉄の変化が阻止され常温で γ に対するセメントの固溶体即ち大洲田を現出する。b の場合は c の様に過冷が劇しくないので γ 鉄の変化が行はれ次に γ 鉄の変化が Ar₂ に引下げて行はれ一部セメントが析出して吐粒淵を生ずるが、この変化が完了しない間に試料が室温に冷却すれば一部析出済み残留大洲田が Ar₂ で麻田田となる。此の場合吐粒淵と麻田田の量は冷却速度に依り異なるべきであるが 1 回以上は以上の関係を示す一例であつてこれを焼入状態図と言ふ。これは冷却速度が大きくなるに従つて Ar₁ が低下し吐粒淵を減じ麻田田を増加し、150°C/s の時 Ar₁ が Ar₂ と一致し麻田田のみとなることを示す。これが臨界冷却速度である。

次に焼入組織の変化を示せば次の通りである。此の関係を石硬直で表せば 2 回の様に焼入温度の上昇と共に硬直は減少する。



而してこの曲線上に三つの段階があるが a は残留大洲田が麻田田に変化する事に依りて焼入の儘より硬直が高く、b は β 麻田田 \rightarrow α 麻田田 の変化 c は δ 鉄の固溶体による変化を示す。450°C 以上は内部歪の消失と粗粒限の成長に依りて硬直が減少する。

硬度