

図 11.7 鑄鉄のデンドライト (樹枝状晶)

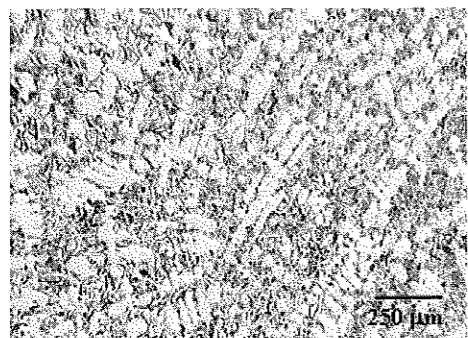


図 11.8 デンドライトの平面観察 (3.6%C-2.0%Si-0.1%Ti)

するため Ti を含有させ、細かい黒鉛の試料を用いた。この組織はデンドライトの一面面であり、図 11.7 を知っていることで、これがデンドライトであると、判断できる。

11.4 共析とパーライト、フェライト変態

図 1.1 には共晶によく似た形が 720°C, 0.8%C に存在する。これを共析点という。ここでは、 γ (オーステナイト) から α (フェライト) と Fe_3C (セメントイト) が析出する。この組織をパーライトという (図 1.22)。この共析変態で γ から α と黒鉛が生成すると、これはフェライト組織と呼ぶ。図 1.14 に示した球状黒鉛鑄鉄の組織で、黒鉛の周辺に白く見えるのがフェライトで、残りの黒く見えている部分がパーライトである。このような組織は牡牛の目によく似ていることからブルスアイ組織と呼ばれている。

11.5 黒鉛とセメントイト (Fe_3C)

鑄鉄が黒鉛凝固し、残りの液体がセメントイト

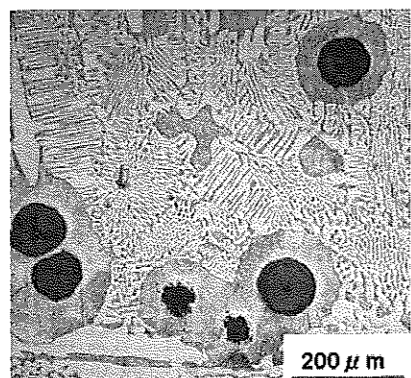


図 11.9 球状黒鉛鑄鉄のレデブライト組織

(Fe_3C) とオーステナイトの共晶で凝固すると、レデブライトと呼ばれる組織になる。球状黒鉛鑄鉄での例を図 11.9 に示す。球状黒鉛の周辺には微細なパーライトが見られ、残りはレデブライト組織である。これは状態図 (図 11.1) で安定系の凝固の後に準安定系で凝固した証拠である。

11.6 黒鉛化と黒鉛化係数

鉄-炭素の合金 (鑄鉄) はセメントイトと呼ばれる極めて硬い組織を生成し易い。これが多く存在するとこの鑄鉄は硬く・脆くなり、引張り強さが減少するので、通常は好ましくない。セメントイトは高温では不安定で、鉄と黒鉛に分解する性質を持っている。けい素などの元素はこの分解を助け、クロムなどの元素はこの分解を妨げる。

また、共晶凝固や共析変態に於いてもこの効果はほぼ同じである。この黒鉛を生じる現象を黒鉛化と言い、その能力を種々の元素で比較できるように係数で表したのが黒鉛化係数である。すなわち、けい素の黒鉛化能力を +1 とし、その他の元素のそれをけい素の黒鉛化能力と比較値で示したものである。たとえば、0.1% でけい素と同じ作用があればその黒鉛化係数は +10 である。これとは逆に、0.5% でけい素 1% の黒鉛化効果を相殺する場合、その値を -2 で表す。しかし、この値は研究者により異なる。一般的にはけい素やりんには黒鉛化作用があり、クロムやモリブデンにはセメントイト安定化作用がある。

11.7 炭素当量 (CE) と炭素飽和度 (Sc)

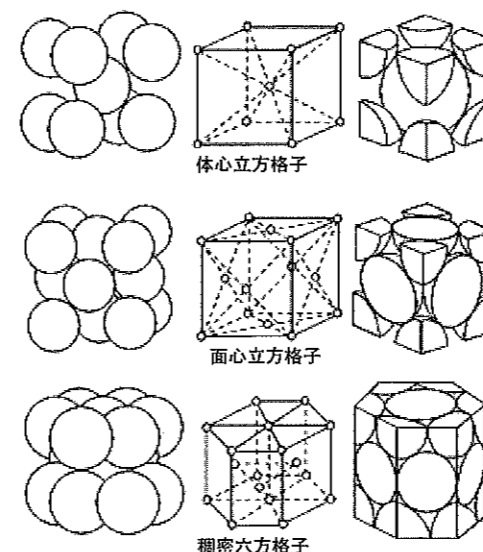
11.2 章と 11.6 章で記述したように、炭素以外の元素にも炭素の役割を果たす効果がある。特に、けい素やりんにその効果が大きい。そこで炭素含有量にけい素とりんの効果を加味したものに炭素当量 (CE) がある。これらの関係は次式で示されている。しかし、1.10 式では分母は 3.2 で示されているが、ここでは 3 で記述した。

$$CE = C\% + (Si\% + P\%)/3$$

この CE で、たとえば図 1.1 の状態図で横軸の C% を置き換えれば、鉄-炭素系の状態図で鉄-炭素-けい素-りん系の状態図を簡便に読むことができ、大変便利である。また、この場合には CE=4.26% が共晶組成になる。これに対して共晶組成を 1.0 とし、化学組成の共晶度合いを炭素飽和度と呼ぶ。これらの詳細は 1.2.3 章を参照されたい。

11.8 黒鉛球状化剤

球状黒鉛鑄鉄製造用の添加剤を黒鉛球状化剤と呼



a) 剛体球モデル b) 空間格子 c) 単位格子(単位胞)

図 11.10 結晶形の各種の表し方

ぶ。現在では、Mg 系では純 Mg や、フェロシリコンに Mg を含有させた Fe-Si-Mg 合金が主流で、これに RE や Ca を少量含有させたものが多く用いられている。球状黒鉛鑄鉄の初期には Ni-Mg 合金、Cu-Mg 合金やコークス中に Mg を含浸させたマグコークなどが多く用いられていた。

Mg や RE, Ca は脱硫と脱酸に働き黒鉛を球状化する。したがって S や O 含有量の少ない高純度鑄鉄を真空中で溶解することでも球状黒鉛が得られる。しかし、この手法は研究に限られ、工業的には使われていない。

11.9 結晶構造

固体の金属は通常、結晶で構成されている。結晶とは、原子が規則正しく一定の間隔を保って空間に配列している固体を指す。この配列が乱れているものがアモルファス (非晶質) である。代表的な金属結晶の結晶形の各種の表し方を図 11.10 に示す。ここで、a) は剛体球モデルで、原子を剛体球で表した立体モデルである。b) は空間格子で、格子間隔を表すのによく用いられる。c) は単位格子である。ただし、この図ではそれぞれの金属原子の大きさは一定として描かれており、純金属に限定される。また、単位格子では周辺にある原子はこれに隣接する格子原子の役割も果たしており、ここでは原子をその分率で示してある。

鉄の結晶の形 (結晶系ともいう) には図 11.10 に示した体心立方格子と面心立方格子がある。鉄では前者はフェライトとデルタ・フェライトが相当し、後者はオーステナイトである。純鉄は温度が上昇するとフェライトからオーステナイトに、そしてデルタ・フェライトへと変態する。これらの温度は 910°C と 1410°C で

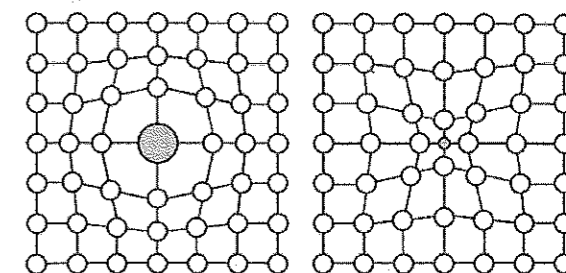


図 11.11 合金 (原子の大きさ) による結晶格子のひずみ

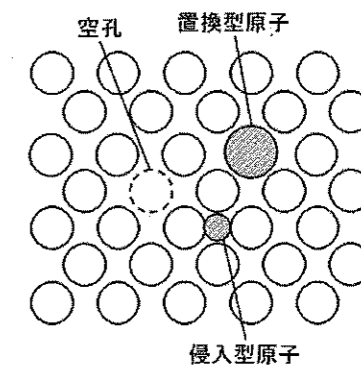


図 11.12 格子中の原子の占める位置と大きさの関係

ある (図 1.1)。ペーナイトやマルテンサイトも一種の体心立方格子である。

面心立方格子の代表的な金属に 18-8 ステンレス鋼や銅合金がある。これに対して、Mg や室温での Co は稠密六方格子の金属である。結晶格子によってその変形のし易さなどが異なるが、この点は専門書を参照いただきたい。

図 11.10 は純金属の場合で、合金で考えると、合金を構成する原子の大きさは異なる。そこで、大きさの異なる原子を平面上に並べた場合の格子のひずみモデルを図 11.11 に示す。図のように、大きな原子を挿入すれば格子は広げられ、小さな原子の場合にはこの逆になり、周辺の格子にはひずみが残ることがわかる。

金属結晶をこれまでの記述からもう少し詳細にみてみる。図 11.12 に一例を示す。A 原子と B 原子の合金を考えてみる。両者の大きさの相違が余り大きくなければ、図 11.11 のように母金属 A の格子を B 原子で置換える。これを置換型原子という。しかし、B 原子が非常に小さいと、図 11.12 の侵入型原子と記したように、A 原子の格子の隙間に入る。このような原子を侵入型原子と言い、鉄合金では炭素や窒素、水素などがこの範疇に入る。いずれにしても、これらの原子は A 原子に溶けることを表しており、これを固溶という。固体に溶解するという意味である。その詳細は次項で記述する。

これよりもさらに B 原子が大きくなると、もはや A 原子には固溶できなくなり、例えば水と油のように分離する。また、図中で空孔と記述したのは、A 金属