

図2.5 片状黒鉛鋳鉄の引張破壊、基地が延性的な場合(上)と脆性(弾性的)な場合(下)

一方、衝撃強度や疲労強度など、基地が大きな塑性変形を伴わないような破壊では、黒鉛片による応力集中が効果を持つ。また熱処理によって基地を高硬度、高強度にしたような場合には、黒鉛片の応力集中効果が顕著になる。

図2.5は片状黒鉛鋳鉄の、基地が延性的な場合(上)と脆性的な場合(下)の引張荷重での破壊の進行の模式図である¹⁴⁾。基地が延性的な場合は、基地部の延性亀裂、部分的な破断が多数生じ、黒鉛片沿いにこれらが連結することによって破壊が進行する。

基地が脆性的(あるいは弾性的)な場合は、黒鉛片端からの脆性亀裂の発生—伝播で破壊が進行する。この場合、破面では基地の部分の割合が増加する(図2.4(2))。

片状黒鉛鋳鉄の弾性係数(ヤング率)は、共晶セル境界を主たる連続部分とする網目状構造のばね定数に相当する。したがって、基地部の連続性が低いほどヤング率が小さくなる。片状黒鉛鋳鉄でヤング率と引張強さの間に強い相関がある(3.1章)のはこのためである。

b. 球状黒鉛鋳鉄(FCD材)の強度

球状黒鉛鋳鉄では基地部の連続性が片状黒鉛の場合よりはるかに高い。また球状化率が一定以上(おおむね0.7以上)であれば、連続性の程度は黒鉛の僅かな形状(球状化率)や寸法の差によってほとんど変化しない。

図2.6は球状黒鉛鋳鉄の引張破断の進行の模式図である¹⁵⁾。(a)のように基地が延性的な場合、破壊は黒鉛球を核とし、あるいは共晶セル境界、微細析出物などを核とするポイド(空隙)や延性亀裂の成長、合体によって生じる。最終破面は黒鉛球をたどるように

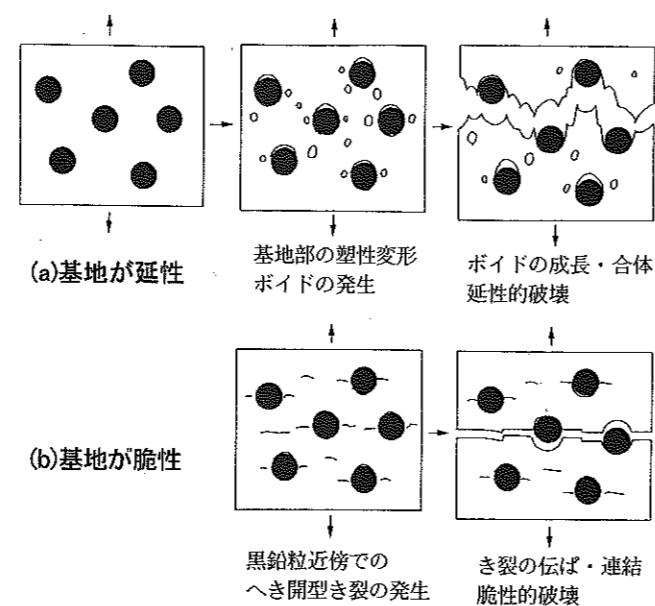


図2.6 球状黒鉛鋳鉄の引張破壊基地が延性的な場合(上)と脆性(弾性的)な場合(下)

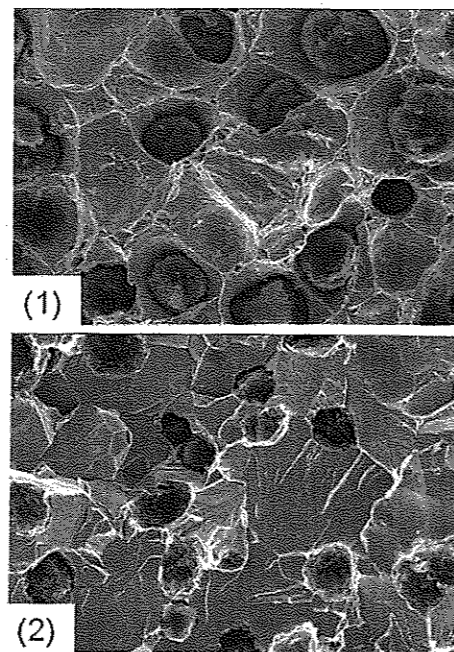


図2.7 フェライト地球状黒鉛鋳鉄の(1)常温破面および(2)低温(-100°C)破面

して形成される。

片状黒鉛鋳鉄の場合と同様に、全体の強さは基地の連続部分の面積に基地の強さを乗じた値と見なすことができる。しかし、黒鉛の体積率や形状の変動は基地部の体積には大きく影響しない。したがって、球状黒鉛鋳鉄の強度は、基地部の強度によってほぼ定まることになる¹²⁾。図2.7(1)は球状黒鉛鋳鉄(フェライト地)の常温での破面である¹⁾。

基地が脆性的(あるいは弾性的)な場合(図2.6(b))には、黒鉛片を発生点とする脆性亀裂の伝播、連結に

よって破壊が進行する。

疲労破壊もまた、基地がほぼ弾性的な状態で進行する。このような場合には、図2.6(b)と同様に黒鉛球(および黒鉛球の集団)が応力集中部として機能する。したがって黒鉛の形状、寸法、その分布が強度に影響する。フェライト結晶粒度もまたこれらの強度に影響することになる^{16,17)}。

図2.7(2)は球状黒鉛鋳鉄(フェライト地)の低温での破面である¹⁾。図2.7(1)よりも黒鉛部分が少なく、基地部分の占める割合が大きくなっている。

しかし、おおまかにいえば、「片状黒鉛鋳鉄の強度は黒鉛片の形態=黒鉛片間の基地の連続性=によってほぼ定まる。一方、球状黒鉛鋳鉄の強度は基地の強度特性によってほぼ定まる」ということができる¹²⁾。

黒鉛片、黒鉛球は圧縮に対しては抵抗力を持つので、この場合は空隙ではなく、基地と弾性率が異なる介在物、あるいは圧粉体として挙動する。このため、引張りと圧縮では応力—ひずみ曲線が異なる(3.1章)。また破壊の形態も異なる¹⁸⁾。さらに、熱処理によって黒鉛球と基地の間に空隙が生じたような場合もまた挙動が異なる。

CV黒鉛鋳鉄は、黒鉛片は孤立しており、基地の連続性が大きい場合は球状黒鉛鋳鉄とほぼ同じと考え、連続性が小さい場合は片状黒鉛の特性に近づく。

白鋳鉄系の鋳鉄は常温でも塑性変形がほとんどなく、亀裂発生—伝播型の破壊をする。したがって、強度(引張強さ)は欠陥や組織に敏感である。

2.1.4 各機械的性質間の関係

前述の強度の発現の機構から、鋳鉄の各機械的性質の間に次のような相関関係が生ずる。まず初めに球状黒鉛鋳鉄の引張強さと、伸び、硬さの関係を図2.8に示す。

a. ヤング率(縦弾性係数)と引張強さ 片状黒鉛鋳鉄では明瞭な正の相関がある。引張強さが決まればおよそのヤング率を推定することができる(図3.4)。しかし、球状黒鉛鋳鉄では両者の相関は低い。ヤング率や音速から黒鉛の球状化率を推定することはできるけれども、これから引張強さを推定することはできない。

b. 引張強さと硬さ 片状黒鉛鋳鉄でも球状黒鉛鋳鉄でも、引張強さと硬さの間には明瞭な正の相関がある。したがって、ブリネル硬さ、ロックウェル硬さなどの値から、その引張強さを推定することができる。図2.9は鋳放し状態での片状黒鉛鋳鉄の硬さ(ブリネル硬さHB)と引張強さの関係である。

引張強さ(σ_t) = $1.67 \times HB - 83$ (MPa) の関係が成り立つ¹⁹⁾。

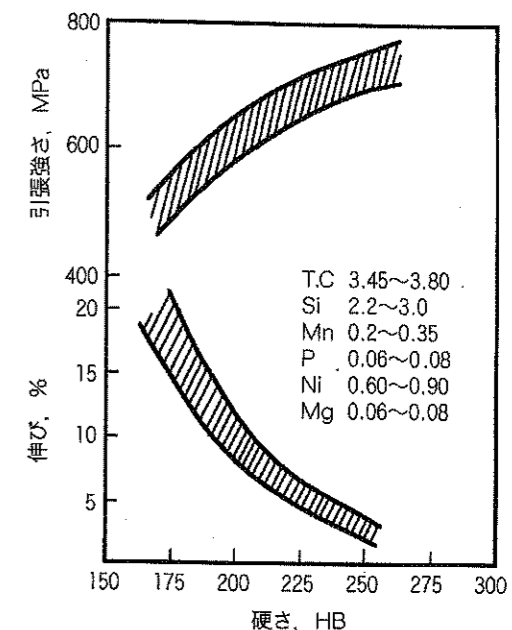


図2.8 球状黒鉛鋳鉄の引張強さ、硬さ及び伸びの関係

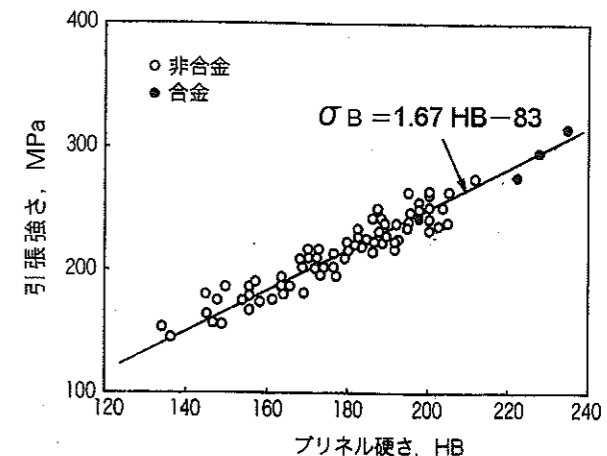


図2.9 鋳放し片状黒鉛鋳鉄の硬さ(HB)と引張強さの関係

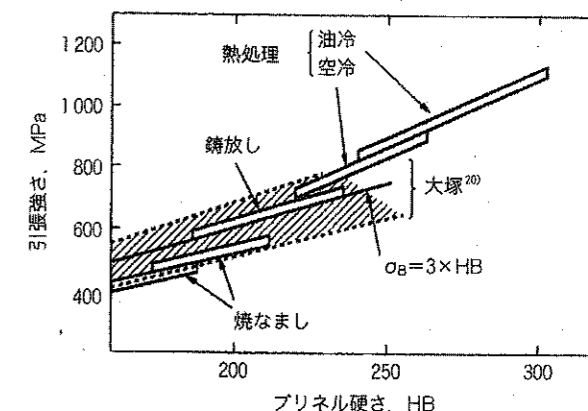


図2.10 球状黒鉛鋳鉄の硬さ(HB)と引張強さの関係

図2.10は球状黒鉛鋳鉄の硬さと引張強さの関係である。鋳放し材については、

引張強さ(σ_t) = $3(\pm 0.1) \times HB$ (MPa) の関係が成り立つ²⁰⁾。