

(討27) フェライト+ペーナイト混合組織の形成とその機械的性質

川崎製鉄 技研

○田中智夫 田畑諱久
榎並禎一 船越督己

I 緒言 鋼の不完全焼入の結果として生ずる混合組織としてはマルテンサイト+ペーナイトがあり、これについては多くの報告がある。鋼の焼入性がさらに減少すれば当然の事ながら ペーナイト+フェライト(+パーライト)の混合組織も形成されるはずである。しかしながら、この種の混合組織についての報告は少なく、混合組織の形態、その機械的性質も分っていない。フェライト組織を有する材料を考えた場合、その材質の向上はひとえに結晶粒の微細化にかかっている。そしてフェライト粒の大きさは、変態前のオーステナイト粒度、変態温度、変態時の冷却速度に依存するものである。ところで、 $\gamma \rightarrow \alpha$ 変態の途上でペーナイトのごとき異種の相が形成されれば、これはフェライト粒の生長を阻止して、フェライト粒の微細化をもたらし、その結果として材質を向上させる可能性がある。そこで本実験では、(i)フェライト+ペーナイト混合組織形成の可能性を検討し、(ii)フェライト+ペーナイト混合組織の形態と調べ、(iii)この混合組織の機械的性質に及ぼす影響を検討した。

II 実験結果

1. フェライト+ペーナイト混合組織の生成条件、合金成分と焼入組織との関係とみるために、 C_{eq} (%) = 0.237 ~ 0.439 の材料を用いて焼入組織と機械的性質を調べた。当然の事ながら、 C_{eq} が高から低へと移行すると、それに対応して組織はマルテンサイトからペーナイトへと移行する。 C_{eq} が非常に低い成分範囲では、フェライト+ペーナイトの混合組織が得られる。しかし、合金成分と組織との関係を記述する場合、 C_{eq} は必ずしも満足すべきパラメーターではない。C濃度そのもの、あるいはマルテンサイト生成温度 M_s 点をパラメーターとして使う方が実験結果をよりよく整理できることが分った。Fig. 1 は M_s 点と引張試験強度との関係をプロットしたものである。 $M_s \geq 465$ °C では強度水準は一定のところにくる。この時の組織はフェライト+ペーナイトの混合組織になっている。 $M_s < 465$ °C の範囲では M_s 点の低下とともに強度は増加する。それに応じて組織はペーナイトからマルテンサイトへと変化する。 $M_s \geq 465$ °C に属する材料 (0.05C-1.46Mn-0.093Nb) の CCT 曲線と Fig. 2 に示す。

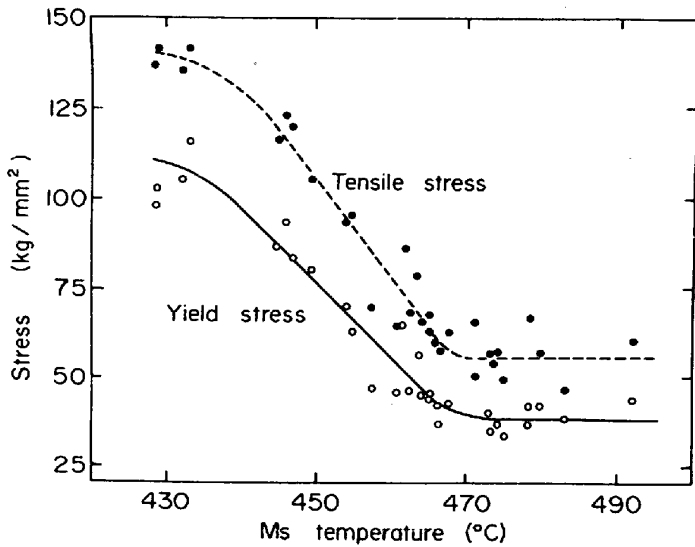


Fig. 1 Effect of M_s temperature on yield stress and tensile stress in steels water-cooled.

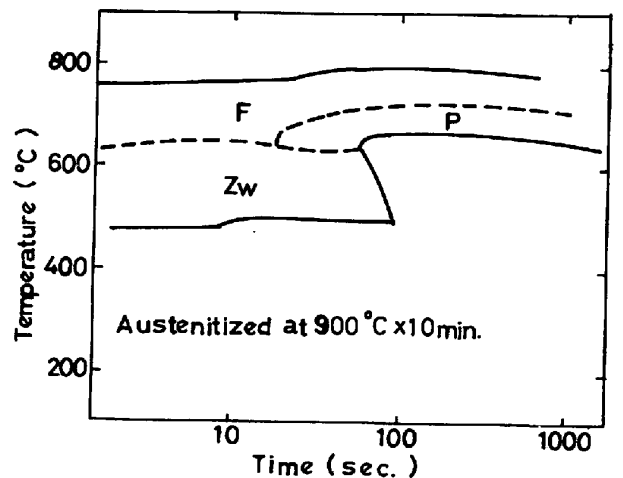
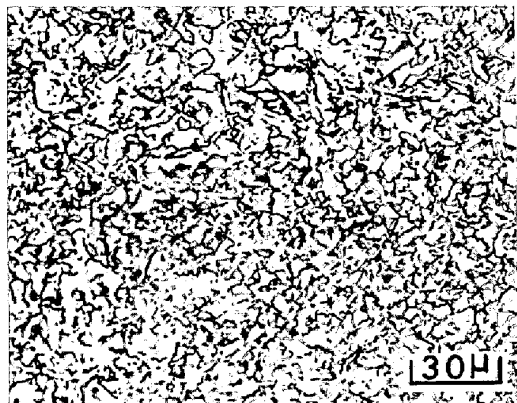


Fig. 2 C.C.T. diagrams of a 0.05C-1.46Mn-0.093Nb steel.

時間軸0のところでもフェライトの生成領域とそれに続く α の生成領域が依存する。ただし、熱膨張でみられた α の開始点は不明確であって、ある温度域でフェライトと α の双方の生成が併行して進行しているであろうことを示唆する。

2. 混合組織の形態. 上述の試験材を用い900℃×1hのオーステナイト化処理後水焼入れして得られた組織の光学顕微鏡写真、電子顕微鏡写真をそれぞれPhotos. 1, 2に示す。



Optical micrograph (photo.1 left) and electron micrograph (photo.2 right) of 0.05%C-1.46%Mn-0.093%Nb steel water quenched at 900°C.



光顕写真は微細な針状組織を示す。電顕写真は全体的に転位密度の低いポリゴナル・フェライトと転位密度の非常に高いベーナイト様の組織からなる。ポリゴナル・フェライトはさらにsubstructureで分割されている場合も多々ある。ベーナイトlathはその方向、サイズ、形状ともに不規則である。光顕、透過電顕ではフェライト、ベーナイト粒の生成個所が必ずしも明確ではない。これらの情報はレプリカ観察によって得られた。レプリカ観察の例をphoto.3に示す。フェライト粒の形状は不規則であり、サイズも一定しない。ベーナイトは主にフェライト粒界に存在するが、フェライトの粒内に存在する場合もある。多くは孤立して存在し、一個所に凝集することはない。photo.3から分る様に、フェライト粒もベーナイト粒も非常に微細である。フェライト+ベーナイトの混合組織の形態と、Fig.2のCCT曲線と併せて考えると、混合組織の形状は次の様な過程で生じたものと考えられる。すなわち、900℃×1hのオーステナイト化処理後急冷されると、 $\gamma \rightarrow \alpha$ 変態点で γ 粒界に沿って α 核が多数形成される。 α 粒の成長によるC等の吐出しと過冷却状態の出現による重畳効果でupper bainiteの変態が誘起される。この二つの変態が一つの γ 粒から連続的に起こるために、各々の組織はその成長粗大化を阻害される。このためにいずれか一方の組織が単独で成長する場合よりも更に組織は微細化されるものと考えられる。以上のようにして生じた一種の混合組織の機械的性質は当然、このフェライトとベーナイト組織の複合的な性格を持つ。この点についても検討した。

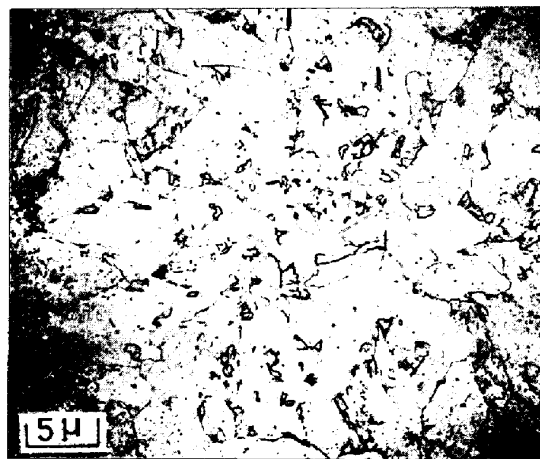


Photo. 3

Carbon extraction replica from 0.05%C-1.46%Mn-0.093%Nb steel waterquenched at 900°C.

1) 大谷, 寺崎, 邦武, 鉄と鋼 58 434 (1972)