

# 討 19 低炭素低合金鋼のマルテンサイト、ベイナイト混合組織のじん性

住友金属工業株式会社  
中央技術研究所

○ 邦武 立郎 寺崎富久長  
大森 靖也 大谷 泰夫

## 1. 緒 言

低炭素低合金鋼の調質組織は、引張強さ 60 kg/mm<sup>2</sup> クラス以上の高張力厚鋼板として広く用いられている。これらの高張力鋼板の焼入れのまゝの組織は、マルテンサイトとベイナイトの混合組織である場合が多い。低炭素低合金鋼のベイナイトは形態学的に 3 種類に分けられることを示したが、<sup>1)</sup> 連続冷却によって得られるマルテンサイトと B-III 型ベイナイトの混合組織が、もっともすぐれたじん性を有することを見出した。<sup>2)</sup> この興味ある事実に関し、この特定の混合組織がすぐれたじん性を有する理由についての研究結果をのべる。

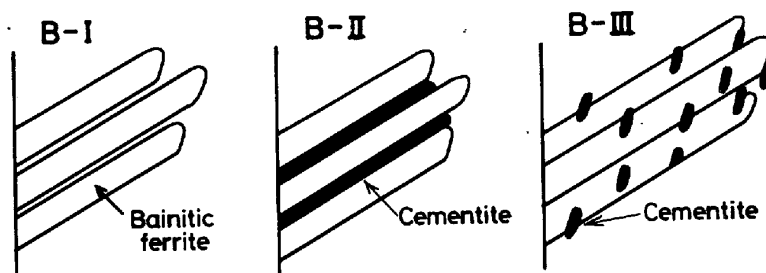


Fig. 1. 低C・低合金鋼のベイナイトの種類

## 2. 低炭素低合金鋼のベイナイト

低炭素低合金鋼のベイナイトは、いずれもフェライトに関する限り  $\langle 111 \rangle_{\alpha}$  の成長方向と、 $\{110\}_{\alpha}$  の晶癖面を有するが、炭化物の析出形態から、B-I 型（ベイニチックフェライトよりなる）B-II 型（フェライトラス界面に沿ってセメンタイトが析出）、B-III 型（ラスの内部にもセメンタイトを析出し、その様相は下部ベイナイトに類似している）に分類できる（Fig. 1）。

Fig. 2 は、ベイナイトの変態温度によるフェライトラスの厚さの変化を示したものである。変態温度が低くなるほど、ベイナイトのフェライトラスの厚さは小さくなっている。Ms 点近辺で生じるベイナイトのラスの厚さはマルテンサイトのラスとほとんど等しい大きさである。

ぜい性破面について観察される破壊の単位（unit crack path）<sup>3)</sup> についても、フェライトのラスの大きさの変化と同様の変化をする。

## 3. ベイナイトとマルテンサイトのじん性の比較

2 種類の低合金鋼について、7 mm 厚 × 12 mm × 65 mm の試験片を 1200°C × 30 min 加熱後、450°C、425°C、400°C で等温変態を終了せしめ、B-III 型ベイナイトとしたものについて、遷移温度と引張強さの関係を Fig. 3 に示した。また、同様にオーステナイト化後、水焼入れし、550°C、600°C、650°C で焼もどした後の焼もどしマルテンサイトについて、遷移温度と引張強さの関係を同じく Fig. 3 に示した。等しい強度において、焼もどしマルテンサイトの方が、ベイナイトよりも高いじん性を示す。

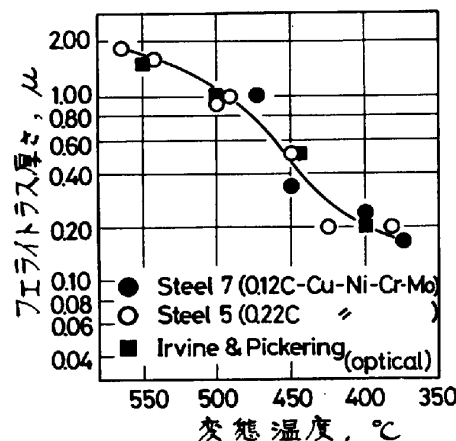


Fig. 2 ベイナイトの変態温度とフェライトラスの厚さ

Table 1. 供試鋼の化学成分

	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	V	B	Ti	Al(sol)
N	0.15	0.84	1.25	0.017	0.017	0.08	0.19	0.02	0.18	0.08	—	—	0.032
7	0.12	0.80	0.83	0.004	0.005	0.30	1.11	0.53	0.49	0.03	—	—	0.038
8	0.14	0.26	0.89	0.004	0.005	0.27	1.04	0.54	0.50	0.03	0.004	0.08	0.044

4. 混合組織のじん性

Table 1に示す3種類の低合金鋼について、900°C~1200°Cのオーステナイト化後、焼入れ冷却速度を変えることによって、マルテンサイトやマルテンサイトとベイナイトの混合組織を生ぜしめ、引張りおよび2mmVノッチシャルピー衝撃試験を行なった。

結果の一例を、Fig. 4に示す。遷移温度をもっとも低温とする焼入れ

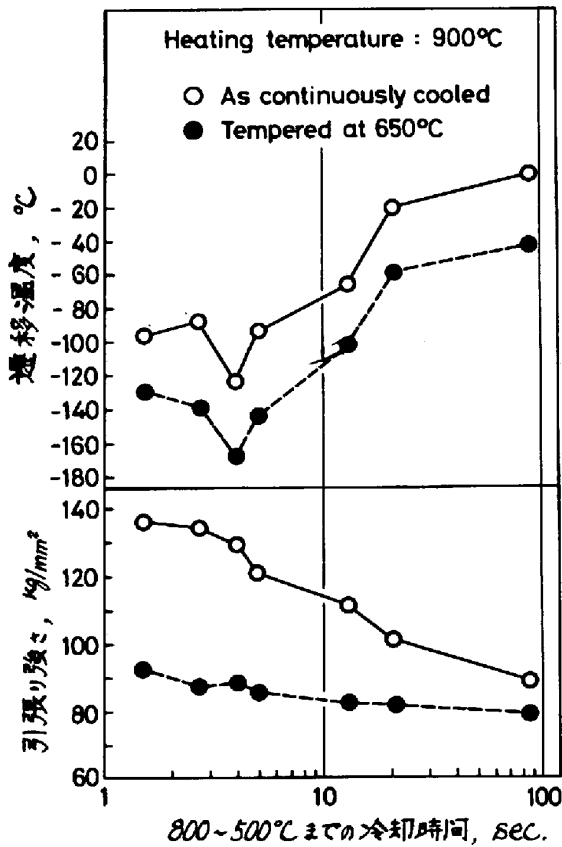


Fig. 4. 強度および遷移温度と焼入れ冷却速度(鋼7)の関係

時の冷却速度が存在する。

Fig. 5はそのOCT曲線を示したものであるが、マルテンサイトとB-III型ベイナイトの混合組織においてもっとも良好なじん性が得られることがわかる。

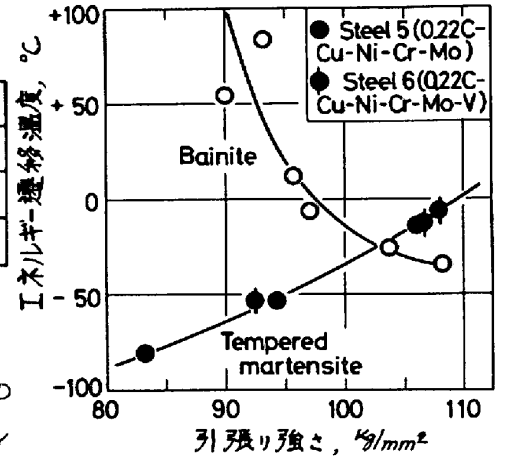


Fig. 3. B-III型ベイナイトと焼もどしマルテンサイトの機械的性質の比較

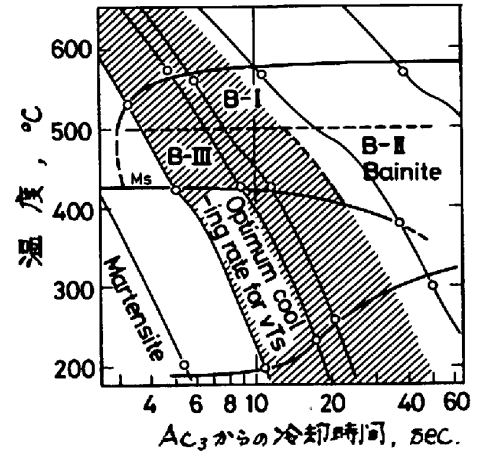


Fig. 5. OCT曲線

Fig. 6. 焼入れ時の最適冷却速度(C<sub>O</sub>)と、上部臨界冷却速度(C<sub>B</sub>)、ベイニチックフェライト生成開始速度(C<sub>BF</sub>)の関係

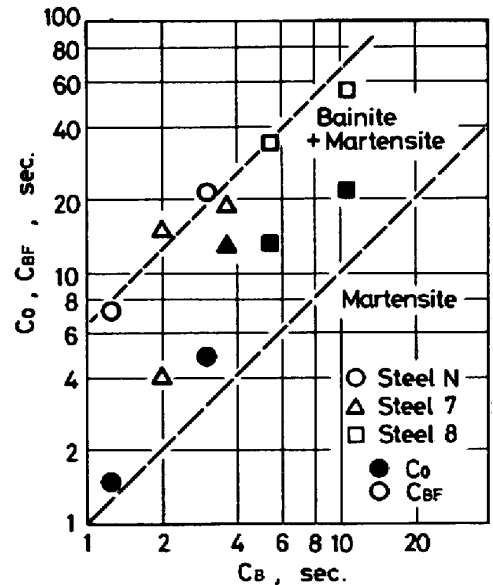


Fig. 6に示すように、もっとも良好なじん性を与える冷却速度( $O_0$ )は、 $O_B$  (ベイナイトの生成開始の臨界冷却速度, 上部臨界冷却速度)よりもおそく、 $O_{BF}$  (ベイニチックフェライトの生成開始の臨界冷却速度)よりも早く、これはほぼ10%のB-III型ベイナイトの混在するマルテンサイトとの混合組織である。従って、Fig. 7に示すように、鋼の焼入性が大きいほど、 $O_0$ は、おそい冷却速度側へ移行する。

このように、混合組織においてじん性をもっとも良好となる理由に関して、各組織のシャルピー衝撃試験片のぜい性破面について走査型電子顕微鏡によって観察し、破壊の単位( $d_c$ )を求めた。その結果Fig. 8に示すように、各種組織の遷移温度と $d_c$ との間には良好な関係が存在し(遷移温度と $\log d_c^{-1/2}$ は直線関係にある)、マルテンサイト+B-III型ベイナイト混合組織において、もっともすぐれたじん性が得られることに対応して、 $d_c$ はもっとも小さいことが判明した。

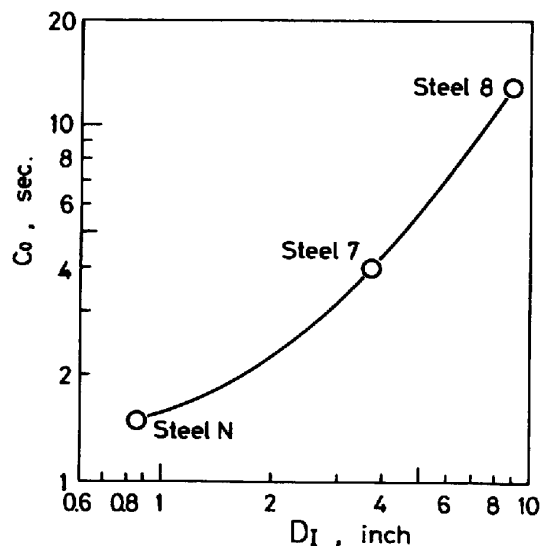


Fig. 7. 最適冷却速度 $O_0$ と鋼の焼入性

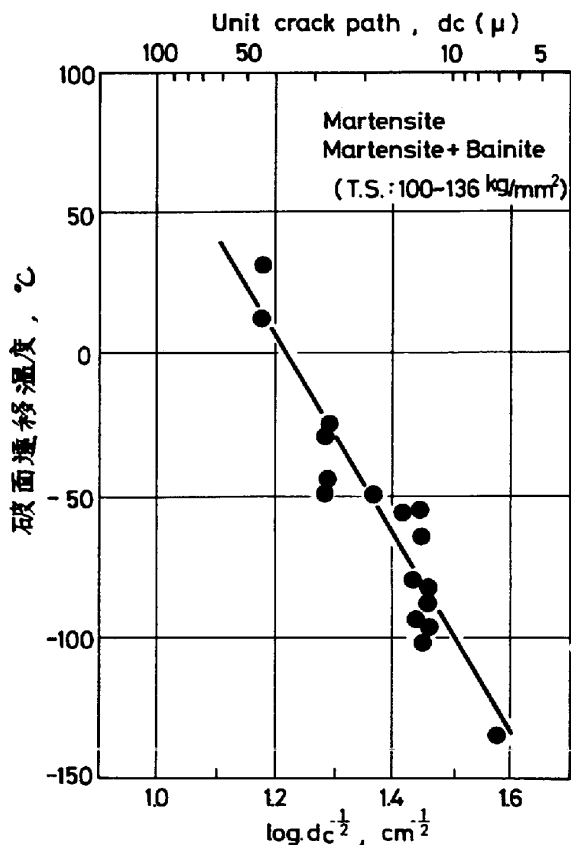


Fig. 8. 破壊の単位 (unit crack path) と遷移温度の関係

マルテンサイト+B-III型ベイナイトの混合組織においてじん性をもっとも良好となる理由については、焼入時マルテンサイトの生成に先立ってB-III型ベイナイトが生成することによって、オーステナイト粒を細分すると同等の効果をおよぼし、“ほぼ等しい方位を有する領域の大きさ”を小さくするためと考えられる。

オーステナイトの分割の効果は、どの組織によっても良いことになるが、高温で生成するベイニチックフェライトによる場合はあまり有効でない。何故なら、ベイナイトのラスそのものや、 $\{100\}$ 面を共有する単位が大きいこと、未変態オーステナイトにはCが濃縮され、高炭素の変態生成物が形成されることを挙げることができよう。

なお、遷移温度と $\log d_c^{-1/2}$ の直線関係は、焼入れのみだけでなく、これに650°Cの焼もどしを加えた後についても、成立する(ただし遷移温度の絶対値は低温側にシフトする)。

5. 結 言

低炭素低合金鋼の各種焼入組織の低温じん性を測定した結果、マルテンサイトだけからなる組織よりも、マルテンサイトに、少量のB-Ⅲ型ベイナイトが混在した混合組織において、遷移温度がもっとも良好となることを見出された。また、破面の観察において、この混合組織において、破壊の単位がもっとも小さいことがわかった。マルテンサイト+ベイナイト(B-Ⅲ型)混合組織において、じん性がもっとも良好となるのは、マルテンサイト変態に先行したベイナイト(B-Ⅲ型)が、オーステナイトを細分する効果を示すことによるものと考えられる。このような機構は、鋼の変態組織の改善によるじん性の向上について示唆するところがある。

文 献

- 1) 大森, 大谷, 邦武: 鉄と鋼 57(1971)10 掲載予定
- 2) 大谷, 寺崎, 邦武: 鉄と鋼 投稿中
- 3) 寺崎, 大谷: " "