

各鋼の変態特性を調査の上、表中に示した範囲で最も適当な条件を撰択して行なつた。

オーステナイト化加熱は $850^{\circ}\text{C}\sim 1050^{\circ}\text{C}$ の 50°C おきの各温度で行ない、それぞれにおける消去過程を求めている。

III. 実験結果

(1) 前処理との関連における添加元素の影響

再熱処理後の組織への前組織と対応を持つ組織の残留におよぼす添加元素の効果を Table 3 に示してある。この前組織の残留性は後述するように前処理条件および再加熱時のオーステナイト化条件の両者に関係し、これらの条件により変化するものであるが、この表に示した結果は各試料を前処理 I および II の温度で 200h 処理したものに、 $900^{\circ}\text{C}\times 1\text{h}$ のオーステナイト化加熱を行なつて、前組織が消去されるか否かによつて判定した結果である。

前処理 I の場合、すなわち前処理が (フェライト)+ (パーライト) の状態で加えられた場合には、Fe-C、Fe-C-Ni では前処理の影響は全く認められず、再熱処理によつて前組織は簡単に消去される。これに対し、Si、Mn、Cr を含有する鋼では、前処理の効果がいちじるしく、再熱処理時に前組織の消去され難くなることが示される。

前処理 II の場合すなわち前処理が (フェライト)+(オーステナイト) の状態で行なわれた場合、添加元素を含まない Fe-C 鋼に、前処理の効果の認められないのは前処理 I の場合と同様である。しかし Ni 含有鋼でいちじるしい前処理効果が認められ、逆に Cr 含有鋼にそのいちじるしい影響の認められないのは、前処理 I の場合と異なる点である。Si、Mn にはこの場合にも前処理効果が認められる。

以上の結果より、前処理効果は合金元素含有鋼にのみ認められること、および合金元素の効果は前処理に応じて異なるものであることが知られる。これら相互の関係は原因の検討に対し、特に注目される点と考えられる。

Table 3. Effect of alloying elements upon elimination of the prior structure in the reheat-treated structure. (reheat treatment; $900^{\circ}\text{C}\times 1\text{h}$).

Alloys	Preliminary heat treatment $700^{\circ}\text{C}\times 200\text{h}$	Preliminary heat treatment $735\sim 760^{\circ}\text{C}\times 200\text{h}$
Fe-C	×	×
Fe-C-Ni	×	○
Fe-C-Si	○	○
Fe-C-Cr	○	△
Fe-C-Mn	○	○

○ effective
△ slightly effective
× not effective

(2) 前処理、オーステナイト化温度と前組織の消去に要する加熱時間の関係

上述の前処理効果の認められる添加元素を含む鋼の場合、その前処理条件および再加熱、オーステナイト化温度と前組織の消去過程との関係は先の炭素鋼の場合に認

められたと同じく、一般的に前処理加熱時間の長くなるほど消去に要する加熱時間は長くなり、また各前処理材に対しては、オーステナイト化温度の高くなるほど、消去に要する加熱時間は短くなることが認められる。

IV. 総括

炭素鋼の熱処理後の組織におよぼす前処理ならびに添加元素 (Si, Mn, Ni, Cr) の影響について検討した。合金元素を含有しない Fe-C 鋼には前処理の影響は認められない。添加合金元素の効果は、前処理条件によつて異なり、フェライト+パーライト状態での加熱では Si, Mn, Cr が、フェライト+オーステナイト状態での加熱では Ni, Mn, Si が、熱処理後の組織にいちじるしい影響を与えることが判つた。

以上の結果は、主として前処理およびオーステナイト加熱中における添加合金元素の挙動ならびに冷却時の変態特性に与える合金元素の影響によつて説明し得るものと考えられる。

文 献

1) 岡田: 鉄と鋼, 46 (1960), 444~445.

2) 岡田: 鉄と鋼, 47 (1961), 438~440.

669.112.229.3.669.15-194.2
669.14-134

(159) 数種の低合金鋼の連続冷却変態特性

任友金属工業中央技術研究所

○邦武 立郎・岡田 隆保

Continuous Cooling Transformation Characteristics of Some Low Alloy Steels.

Tatsuro KUNITAKE and Takayasu OKADA.

I. 緒 言

例えばローター材のような大型鍛鋼品の熱処理の研究の一環として、数種の低合金鋼について連続冷却変態曲線を作製した。本報では各供試鋼の連続冷却変態特性について述べ、この種他鋼種のそれとの比較を行なう。

II. 供試鋼と実験方法

Table 1 に供試鋼の化学成分を示した。表中の A_c 温度は、 $2.5^{\circ}\text{C}/\text{mn}$ の加熱速度で熱膨脹測定によつて決定したものである。供試鋼 A と B は、C% を異にする 2Ni-3Cr-0.7Mo 鋼、供試鋼 C は 3Cr-0.7Mo-0.15V 鋼、供試鋼 D は 3.5Ni-0.6Mo-0.15V 鋼である。

連続冷却時の変態は熱膨脹によつて測定し、補足的に変態阻止焼入による組織観察を行なつた。オーステナイト化条件には 900°C 、20mn 保持を用いた。熱膨脹測定終了後の試験片については組織観察、硬度測定を行なつた。また種々の冷却速度によつて冷却後、常温において残留するオーステナイト量の測定には、X線を用いた。

III. 実験結果

Fig. 1 は供試鋼 A および B の、Fig. 2 および Fig. 3 はそれぞれ供試鋼 C および D の CCT 曲線である。また Fig. 4 はすべての供試鋼について、連続冷却時の冷却速度を 900°C から 500°C までの冷却時間で表

Table 1. Steels investigated.

Designation	Classification	Chemical composition (wt %)									Ac (°C)
		C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V	
A	2Ni-3Cr-0.7Mo	0.32	0.35	0.42	0.031	0.027	1.99	2.94	0.67	0.05	742~823*
B	//	0.27	0.25	0.30	0.030	0.024	1.98	2.92	0.67	0.05	749~837*
C	3Cr-0.7Mo-0.15V	0.31	0.25	0.53	0.030	0.024	0.09	2.87	0.65	0.16	799~867*
D	3.5Ni-0.6Mo-0.15V	0.33	0.28	0.70	0.035	0.026	3.54	0.10	0.56	0.14	681~803

* Undissolved carbide is observed.

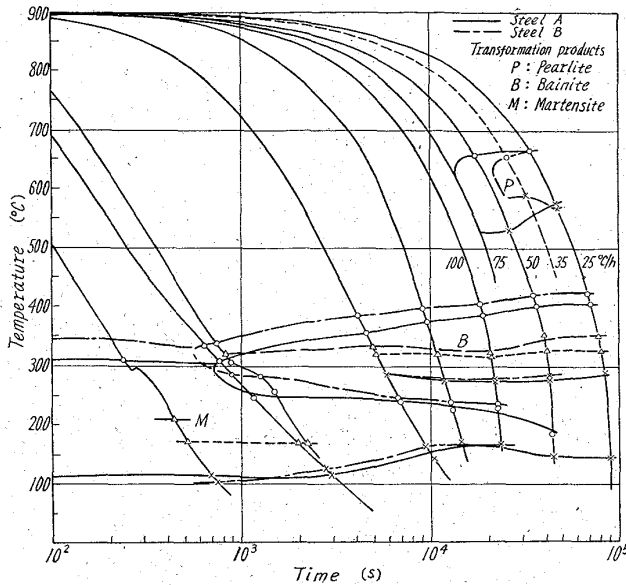


Fig. 1. Continuous cooling transformation diagrams for steels A and B.

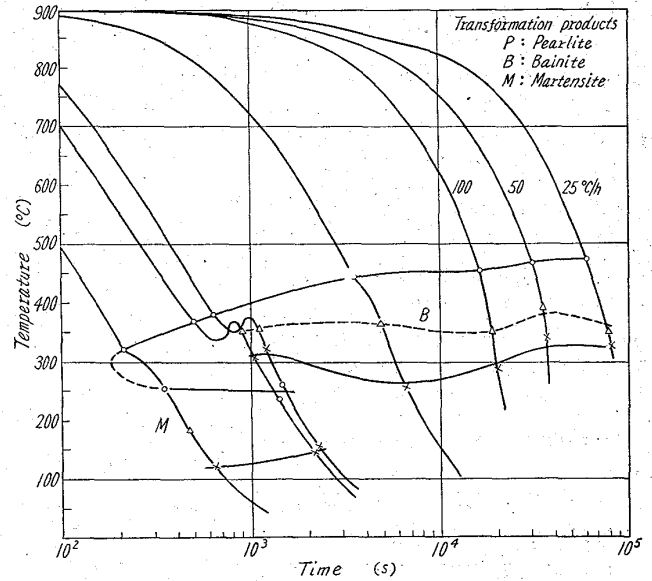


Fig. 3. Continuous cooling transformation diagram for steel D.

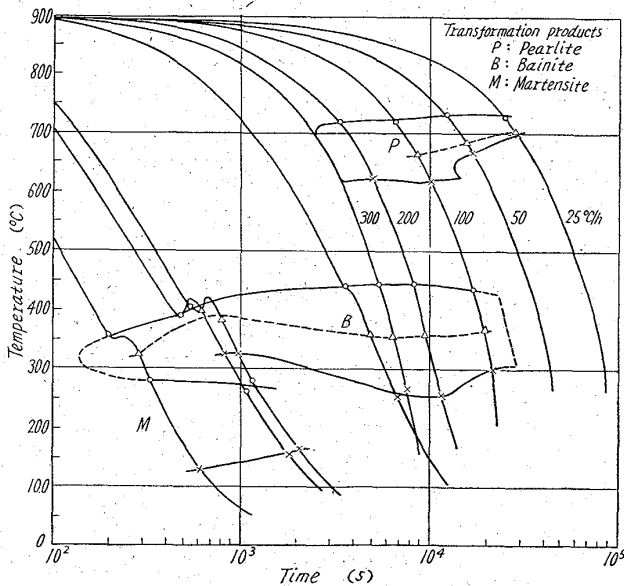


Fig. 2. Continuous cooling transformation diagram for steel C.

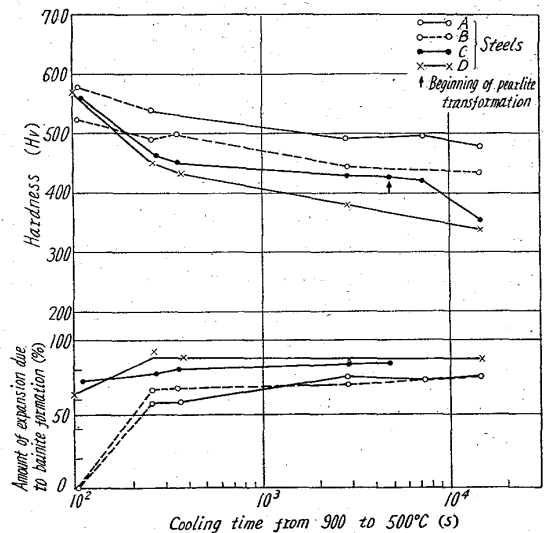


Fig. 4. Amount of bainite transformation and resultant hardness as function of the cooling rate (steels A, B, C & D).

わし、この冷却時間が 100~14500 s の範囲におけるベイナイト変態量(熱膨脹量による)と硬度の変化を示したものである。上記冷却速度範囲において、供試鋼Cを除いてはパーライト段階における変態を生じていない。

Fig. 1~4 の実験結果からつぎの事実を列挙することができる。

1. ベイナイト変態開始の臨界冷却速度によつて評価したマルテンサイト焼入性は、供試鋼C→D→Aの順に

669.112.227.346.2:669.15'24
539.374 1537.38

大となる.

2. パーライト段階の変態開始の臨界冷却速度によって評価したベイナイト焼入性は供試鋼C→A→Dの順に大となる. ベイナイト焼入性の増加にはNiが特に有効である. Niを含まない供試鋼Cは, パーライト段階の変態を生じやすく, 他の供試鋼は100°C/hの冷却速度でも, パーライト段階の変態を生じていないが, 供試鋼Cでは300°C/hでパーライト段階の変態を開始し, 100°C/h~50°C/hの冷却速度ではすでにパーライト段階以外の変態を生じていない. また供試鋼Dは, マルテンサイト焼入性は比較的小さく, パーライト段階の変態を極めて生じ難いので極めて広い冷却速度範囲にわたって主としてベイナイトからなる組織となる.

3. ベイナイト段階の変態生成温度は, 供試鋼Aが最も低く, 供試鋼CおよびDはほぼ同程度である. B+Mの組織となる冷却速度範囲で, 同一冷却速度において比較すると, 供試鋼Aが最も硬度が高く, ついで供試鋼C→Dの順になる. 供試鋼Dは特に上記冷却時間が3000s以上の徐冷においてかなり低硬度を示すが, ベイナイト組織も他の供試鋼とは異なつた様相を呈している.

4. Ni-Cr-Mo鋼についてC量の影響(C0.27および0.32%)をみると, C量の増加はマルテンサイト焼入性を若干増せしめるが, ベイナイト焼入性をかえつて減少せしめる. また低Cのものは高Cのものに比してベイナイト変態生成温度が若干高くなり, 同一冷却速度においてB+M組織の硬度が低くなる.

さらに各供試鋼についてベイナイト組織の特徴, 常温まで連続冷却後の残留オーステナイト量の相違, 大型鍛鋼品の熱処理時の冷却速度¹⁾に対する感応, 従来報告されている種々の類似成分の鋼の変態特性^{2)~5)}との比較について述べる.

文 献

- 1) "Atlas für Wärmebehandlung der Stähle", Max-Planck-Institut für Eisenforschung, 1954/56/58.
- 2) W. C. HAGEL, et al.: Trans. Amer. Soc. Metals, 50 (1958), 184~201.
- 3) 西原他: 鉄と鋼, 46 (1960) 3, 406~408.
- 4) F. E. WERNER, et al.: Trans. Amer. Soc. Metals, 52 (1960), 376~395.
- 5) M. P. BRAUN, et al.: Metallovedenie i Term. Obrabotka Metallov, July 1959, No. 7, p. 58~60, Henry Bratcher Translations, No. 4659.

(160) Fe-Ni合金のマルテンサイト変態におよぼす塑性変形および応力の影響

金属材料技術研究所

○細井 祐三・川上 義人

Effect of Plastic Deformation and Stress on Martensite Transformation in Fe-Ni Alloy.

Yuzo Hosoi and Yoshito KAWAKAMI.

I. 緒 言

マルテンサイト変態におよぼす塑性変形および応力の影響については McReynolds¹⁾, Cohen 等²⁾をはじめ2, 3の研究³⁾⁴⁾があり, 特に応力の影響について変態機構と関連させて種々検討が加えられている. しかし変態後における機械的性質およびマルテンサイトの形態について論じたものはない. 筆者の一人はここ数年, 鋼のマルテンサイト変態前の塑性変形が変態後の鋼の諸性質におよぼす影響について研究してきた^{5)~7)}. 上の処理により鋼の強度を増すことができるがその強化機構は主として変態前の塑性変形によるマルテンサイトの微細化によると云われている. 本研究はこの事実をFe-Ni合金を用いて実証せんと試みたものであり, 主としてマルテンサイトの強度, 形態について論じた.

また引張り応力下においてマルテンサイト変態をさせ同変態におよぼす応力の影響および滑り線とマルテンサイトの羽との相互作用も併せて研究した.

II. 実験試料および方法

実験に供したFe-Ni合金は電解Feおよび電解Niを真空溶解してつくつた. 試料の化学成分は31.72% Ni-Feである. (以下Fe-32 Ni合金と記す). この焼準試料に室温で適当な加工度を圧延により与え, -60°Cあるいは-196°Cに急冷してマルテンサイト変態させ, 硬さ, 引張り強さを測定し, またマルテンサイトの大きさの変化を検討し回折X線におよぼす影響を調べた. 圧延後 sub-zero 処理をする前に試験片はすべて電解研磨した.

応力の影響は焼準試料を電解研磨し, これを-48°Cより-25°Cの範囲で引張り, マルテンサイト変態に伴なう応力弛緩により生じる荷重-伸び線図上の鋸歯状の不連続現象に注目して検討した.

III. 実験結果および考察

(1) 塑性変形の影響

本研究に用いたFe-32 Ni合金のMs点は-51°Cであることをまづ確めた. Fig. 1は加工にともなうビッカース硬さの変化を示したものである. 曲線1は室温において圧延した場合, 曲線2は加工後-60°Cにおいてマルテンサイト変態させた場合, 曲線3は加工後-196°Cにおいてマルテンサイト変態させた場合である. 同図よりFe-32 Ni合金もマルテンサイト変態により硬化することがわかる. 曲線1と3を比較するとよくわかるように, 加工度が低い場合には変態後加工の影響が少なくなるが, 50%以上の加工を与えた場合には変態後も硬化がいちじるしい. 顕微鏡組織を観察すると30%までの加工を受けたものは変態後のマルテンサイトの大