



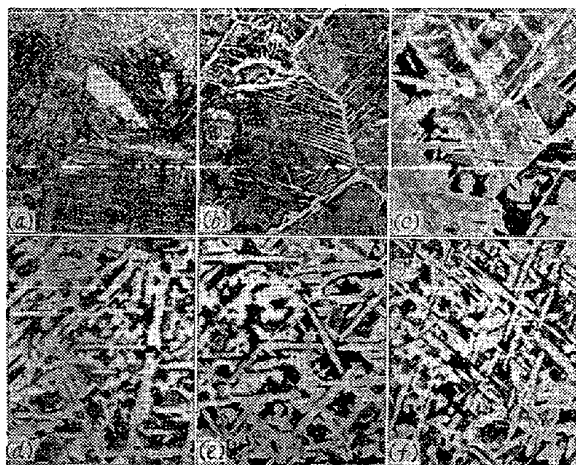
(a) Initial specimen (b) t-1h (c) t-3h (d) t-6h
Photo. 1. Microstructures of specimens and those after the heat-treatment as follows; $1000^{\circ}\text{C} \times t/h \rightarrow$ air cooled, $850^{\circ}\text{C} \ 1h \rightarrow 150^{\circ}\text{C}/h$.

にはほぼ直線関係が認められ、前組織消去の機構とも関連して注目される点であろう。

(3) 消去におよぼすオーステナイト化温度からの冷却速度および途中冷却の影響

オーステナイト化温度からの冷却速度が消去におよぼす影響を水焼入（マルテンサイト）、空冷（粒界フェライトをともなう微細パーライト）、 $700^{\circ}\text{C} \times 2h$ の等温保持（フェライト・パーライト）の三冷却方法を用いて調べた。この場合、消去の状態は（2）と同じく、上記処理後、おのおのに $850^{\circ}\text{C} \times 1h \rightarrow 150^{\circ}\text{C}/h$ の後処理を行って確認している。Photo. 2 に $1000^{\circ}\text{C} \times 2h$ 保持の場合を示してある。これから判るように水冷または空冷によつて、一旦加熱前の Wid. 組織とは無関係な、ほぼ均一な組織が得られても、後処理を行うと上記消去時間に達するまでは再び棒状フェライトが析出し、冷却速度とは関係なく、前組織との関係が潜在的に保持されている。なお消去時間も三者で殆ど変わらない。

また、加熱保持中に一旦冷却し、再び加熱を行なった場合、その消去は、冷却前後の加熱時間の和が、連続的に加熱した場合の消去時間にほぼ等しくなった時に達せられ、この場合にも、加熱を中断したことによる変態の影響は認められない。



(a) as water-quenched
(b) as air-cooled
(c) as $700^{\circ}\text{C} \times 2h$ isothermal transformed
(d) water-quenched $850^{\circ}\text{C} \times 1h \rightarrow 150^{\circ}\text{C}/h$
(e) Air-cooled $850^{\circ}\text{C} \times 1h \rightarrow 150^{\circ}\text{C}/h$
(f) $700^{\circ}\text{C} \times 2h$ isothermal transformed $850^{\circ}\text{C} \times 1h \rightarrow 150^{\circ}\text{C}/h$

Photo. 2. Microstructure of specimens and those after the heat-treatment as follows, $1000^{\circ}\text{C} \times 2h$.

響は認められない。

以上は、一炭素鋼の Wid. 組織に観察された、オーステナイト化前後の組織の関連性を示す二、三の結果であるが、これらはさらに一般的なオーステナイトの均一化過程、特に炭化物ならびに合金元素の挙動と密接な関係を有することが推察され、前処理との関係においてこれらの点について行つた二、三の検討結果をも併せて報告したいと思う。

文 献

- 1) 例えば R. F. Mehl: Trans. ASM, 31 (1943), p. 613~650
R. Rose: Stahl u. Eisen, 76 (1956), p. 976~983
R. Rose: Arch. Eisenhüttenw., 27 (1956), p. 513~520
E. Schmidtman: Arch. Eisenhüttenw., 30 (1959), p. 83~89
- 2) H. Borchert: Arch. Eisenhüttenw., 29 (1958) p. 47~56

(122) Mn-Cr 鋼の恒温変態と機械的性質 (バネ鋼の研究—I)

金属材料技術研究所

上野 学・内山 郁・○星野明彦

Isothermal Transformation and Mechanical Properties of Mn-Cr Steel.

(Study on spring steel—I)

Manabu Ueno, Iku Uchiyama,
and Akihiko Hoshino.

I. 緒 言

特殊鋼中において、バネ鋼に対する需要は可成り大きいにも拘らず、バネ鋼の熱処理に関する研究は比較的に少ない。バネ鋼は現状では不完全焼入に近いような状態で焼入処理して使用されている。しかしながら、鋼の疲労限に対して完全焼入による方が不完全焼入による場合よりも良いといわれているので、完全焼入と不完全焼入による機械的性質について検討するために Mn-Cr 鋼を試材としたが、このバネ鋼の恒温変態曲線図に関する文献が見当たらないため、先ず今回は Mn-Cr 鋼の恒温変態曲線を作成し、各温度での変態生成物と機械的性質との関係について報告する。

II. 試料および実験方法

当実験に用いた Mn-Cr バネ鋼の化学成分を Table 1 に示す。この鋼のオーステナイト結晶粒度は No. 6 で、これは $925^{\circ}\text{C} \times 6h$ の滲炭加熱後ピクリン酸腐食により判定した。

恒温変態曲線作成には、 $17\text{ mm } \phi$ の上記鋼材の丸棒より $10\text{ mm } \phi$ 角材を旋削し、これを 5 mm 厚に切断し、

Table 1. Chemical composition of material used (%).

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu
0.54	0.25	0.88	0.010	0.013	0.85	0.08	0.19

10×10×5 の小試片を多数用意した。これを850°C×30mn オーステナイト化後、300°C～700°Cの各温度(50°C間隔)に保持された Pb-Sn の鉛浴中に急冷し、その温度に所要時間保持後、浴より順次引上げ組織を定着させるために食塩水中に急冷した。変態進行状況を調べるため、硬度測定、顕微鏡組織観察を行い、また各試料について lineal analysis により変態量を測定し、保持時間—変態量曲線より変態開始・終了点および 25, 50, 75%変態終了点を求めた。

つぎに、Ms 点測定には Greninger-Troiano 法によりオーステナイト化後各温度に 30 秒保持、つぎ 400°C にの鉛浴中で 10 秒間再加熱後食塩水中に急冷し、lineal analysis により焼戻マルテンサイト量を測定した。

III. 実験結果

(1) 恒温変態曲線

各温度についての時間—変態量曲線より Fig. 1 の如く恒温変態曲線を作成した。図中の数字は各恒温変態試料の硬度 (HRC) を示す。

750°C での恒温保持ではオーステナイトは安定で変態

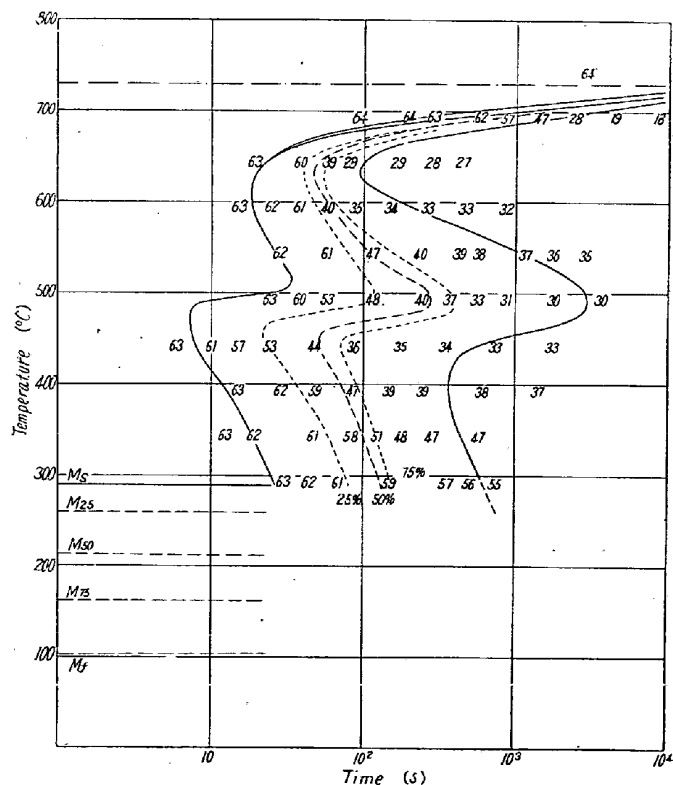
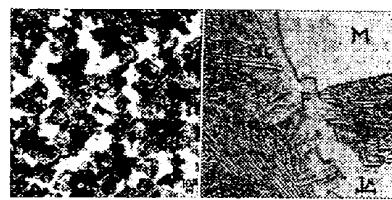


Fig. 1. Isothermal transformation curve.

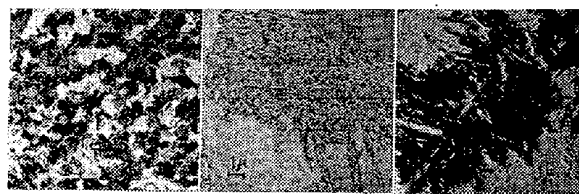


(a) Light micrograph (b) Electron micrograph
(M) Martensite
(F) Ferrite

Photo. 1. Microstructure of Mn-Cr steel transformed isothermally at 650°C for 40s.

は進行しない。700°Cの恒温変態では最初オーステナイト粒界にフェライトが析出、引続いてパーライト変態が起る。650°Cではフェライトの析出は Photo. 1 (a)の光学顕微鏡写真では認め難いが、Photo. 1 (b)の電子顕微鏡では僅にフェライトが見られ、そしてフェライトの析出により、Cの濃縮した部分に Fe_3C を生じ、これが核となつてパーライトが生長していることが明らかである。この温度では変態開始・終了点ともに可成り早く、600°Cでは開始点が 650°C よりも幾分早くなり、この 600°C 附近にパーライト・ノーズが存在している。変態温度が降下するに従い、変態開始および終了点とも長時間側に移り、また変態生成物も層状より針状的となる。Photo. 2 は 550°C で 120 秒保持した試料に現れた組織で、(a)の光学顕微鏡写真では判別し難いが、電子顕微鏡写真 (b) では、その羽毛状組織が見られる。(c)は extraction replica によるもので羽毛状の炭化物の存在を示す。

この炭化物はX線回折の結果 M_3C なる炭化物である。



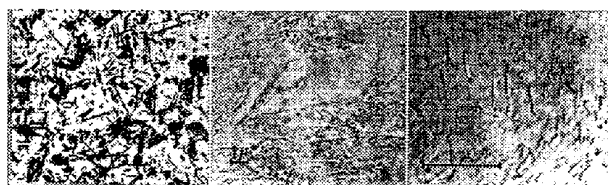
(a) Light micrograph (b,c) Electron micrograph

Photo. 2. Microstructure of Mn-Cr steel transformed isothermally at 550°C for 120s.

変態温度がさらに低下すると、ベイナイト・ノーズのために変態開始が再び早くなり硬度も 500°C を極小として、再び上昇する。生成物も次第に針状化し Photo. 3 に 350°C, 120 秒恒温保持試料に現れたベイナイト組織を示す。(a)は光学顕微鏡、(b)(c)は電子顕微鏡写真で(c)は(b)の一部を拡大しものである。

(2) Ms 点

浴としては、200°C以上の温度では Pb-Sn 浴 (183°C), 200°C以下は油浴に急冷し、次いで 400°C×10s



(a) light micrograph (b,c) Electron micrograph
Photo. 3. Microstructure of Mn-Cr steel transformed isothermally at 350°C for 120s.

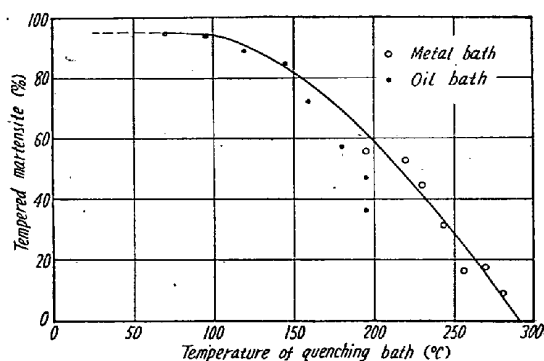


Fig. 2. Martensite transformation diagram.

に再加熱して、焼戻マルテンサイト量と温度との関係を探る。Fig. 2 に示す。腐食液としては 5% 硝酸アルコールにツエフラン・クロライドを加えた液を用いた。Ms 点は Fig. 2 の曲線を外挿して 0% 焼戻マルテンサイトの点を求めた所、Ms 点は 290°C であった。Table 1 の化学組成よりの計算値は 307°C である。なお、この曲線の 200°C 付近では油浴に急冷した場合、生成マルテンサイト量が鉛浴のそれよりも低く測定される。これは油浴の場合に 200°C で冷却能が悪化するため、焼入試料が Ms 点以下の領域をゆっくり冷却するので、オーステナイトの安定化が行われ、生成マルテンサイト量が減少するものと思う。また 200°C 以下の油浴の場合、曲線より外れないのは油の冷却能が十分あるためと考えられる。この点については E. G. Ramachandran² が油浴と塩浴について 180°C 付近で生成マルテンサイト量に相異のあることを報告し、オーステナイトの安定化によるものと結論している。

なお、この Mn-Cr 鋼においては常温付近で 4~5% の残留オーステナイトが存在する。この Fig. 2 の曲線

より 25, 50, 75% のマルテンサイトを生成する温度を求め、またこの曲線の飽和点を以て Mf として Fig. 1 に付記した。

(3) 機械的性質

硬度変化は Fig. 1 の図中に付記したが、650°C 以下 350°C までの 7 段階の温度で恒温変態した試料につき引張試験を行い抗張力、降伏点、伸びなどを測定し、また引張衝撃法により衝撃試験を行なった。

文 献

- 1) J. Hollomon, L. D. Jaffee, D. E. McCarty & M. R. Norton: Trans. Am. Soc. Met., Vol. 38 (1947) p. 807~847
- 2) E. G. Ramachandran C. Dasarthy: J. Iron & Steel Inst., Vol. 192, No.3 (1959) p. 268

(123) 非磁性鋼の窒化処理と疲労強度の関係について

神戸製鋼所, 神戸研究部

西原 守・○中野 平・後藤督高

Effect of Nitriding on Fatigue Strengths of Non-magnetic Steels.

Mamoru Nishihara, Taira Nakano and Tadataka Gotō.

I. 緒 言

非磁性鋼の用途は特殊艦船用の軸材料、あるいは電気機器用部品など最近注目を浴びるようになってきているが、耐摩耗性と耐疲労性の同時に要求される場合も多く、その場合の表面硬化法としては窒化処理が殆んど唯一の方法と考えられるので、数種のオーステナイト鋼について窒化処理の疲労強度におよぼす効果を試験と、今後の応用面に対する参考とした。

II. 供 試 材

供試材は Table 1 に示す 5 鋼種で、いずれも塩基性 500 kg 高周波炉で溶製した 350 kg 鋼塊を 30 mm 角材に鍛伸して作製した。

III. 実 験 結 果

1) 疲労試験片の製作方法

Table 1. Chemical composition of samples.

Materials	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Ather
347	0.084	0.93	1.62	0.010	0.009	10.56	18.33	Cb 1.19
347. high-C	0.25	0.88	1.90	0.010	0.012	10.40	17.58	Cb 2.52
302. high-C	0.27	0.75	1.83	0.017	0.010	8.81	17.96	—
SEH 4	0.42	2.35	0.60	0.015	0.005	14.01	14.38	W 2.40
316	0.083	0.68	1.81	0.010	0.017	13.56	16.80	Mo 2.66