

文 献

- 1) P.Ludwik, R.Scheu, Ber. Werkstoffaussch. V.D.E. 1925, Nr.70.
- 2) W. Kuntze, G. Sachs, Z. VDI, 72 (1928), 1011.
- 3) A. Nádai, Plasticity, 1931, P.92.
- 3a) A.Nádai, idem., P.88.
- 4) 黒田正夫, 理研彙報, 10 (1931), 1085; 11(1932) 1377; 12 (1933), 814; 13 (1934), 169; 13 (1934), 178.
- 5) C.A.Edwards, D.L.Phillips, H. N. Jones, J.Iron Steel, 142 (1940), 199.
- 6) E.S.Davenport, E.C.Bain, Trans. A. S.M. 23 (1935), 1047.
- 7) H.V. Köckritz, Mitt. Forsch. Inst. Ver. Stahlwerke A.G.Dortmund, 2(1930/32), 193; W.Köster, H.V.Köchritz, E.H. Schulz, Archiv Eisenhüttenw., 6 (1932/33), 55.
- 8) 西山善次, 金屬學會誌, 11 (1947), No.9, P.8.
- 9) Guinier-Preston 集合體の詳細については, 例えば橋口隆吉, 金屬組織學, 資料社, 1947, P.124 を見よ.
- 10) 三島良績, 橋口隆吉, 大日方一司, 金屬學會誌, 12 (1948), No.7~12, P.16.
- 11) 橋口隆吉, 木村康夫, 未發表.
- 12) R.O.Griffis, R.L. Kenyon, R.S. Burns, Year Book Amer. Iron Steel Inst., 1933, P. 142.
- 13) 柏原方勝, 兩角不二雄, 鐵と鋼, 33 (1947), No.4~6, P.5.

Mo を含む Si-Mn-Cr 鋼の滲炭組織 (II)

(昭和 23 年 4 月日本鐵鋼協會講演大會講演)

山 木 正 義*

THE STRUCTURE OF CARBURIZED CASE
OF Si-Mn-Cr STEEL CONTAINING Mo. (II)

Masayoshi Yamaki

Synopsis: The author has recognized particular structure in carburized case of Si-Mn-Cr steel containing Mo. In this 2nd report the influence of cooling velocity and that of each element Si, Mn, Cr, Mo on this structure were studied, and also the relation between this particular structure and the so-called "Bainite" was ascertained.

I. 緒 言

Si-Mn-Cr 鋼に少量の Mo を添加したものを滲炭した場合に滲炭層に所謂中間變態生成物に類似の特異な組織の現はれることを認め、之を特異組織と名付けその性質、生成条件等に就て研究し既に報 1 報 2) として一部の結果を報告したが本報告では其後の研究結果即ち滲炭層の組織に及ぼす冷却速度の影響、同じく Si, Mn, Cr, Mo 等各元素の單獨の影響に就て述べ、最後に Si-Mn-Cr-Mo 鋼の S 曲線を求めて特異組織と恒温變態生成物との關係に言及する。

II. 試 料

實驗に供した試料の分析値は第 1 表の如くである。各試料とも電解鐵, 金屬 Si, 電解 Mn, 金屬 Cr, フェロ

第 1 表 試料分析値 (*印は Al 脱酸)

試 料	C	Si	Mn	Cr	Mo
8M	0.16	0.94	0.78	1.00	0.48
1S	0.11	1.02	0.40	—	—
2S	0.13	2.10	0.37	—	—
3S	0.09	3.01	0.36	—	—
40	0.07	0.27	0.98	—	—
41	0.09	0.29	2.05	—	—
42	0.06	0.29	2.97	—	—
1C	0.07	0.26	0.38	1.02	—
2C	0.07	0.27	0.35	2.04	—
3C	0.08	0.29	0.37	3.01	—
6Mo*	0.13	—	—	—	1.15
14M	0.28	0.98	0.81	1.00	0.51
53	0.52	0.96	0.83	1.00	0.49
54	1.20	0.95	0.85	1.10	0.45

* 東京大學第二工學部冶金學教室

モリブデン、白銑を適當に配合しタンマン爐で熔製した。滲炭用試片の大きさは径 10mm 長さ 15~20mm の圓筒状であり滲炭剤としては第 1 報¹⁾に於ると同じく木炭と BaCO₃ を 3:2 の割合で混じたものを用いた。又 S 曲線作製用試片は径 7mm 厚さ 2mm の圓板状のものである。

III. 冷却速度の影響

試料としては 8 M を用ひた。その成分は第 1 表に示す如く第 1 報¹⁾で決定した特異組織を生ずべき條件に適合してゐる。之を 950°C で 4 時間滲炭後徐冷して特異組織の生ずることを確かめた後再び 950°C に 10 分間加熱し之より種々の冷却速度で常溫に冷却した。冷却速度の調節は電気爐に流す電流を加減し或は爐の周圍に巻いた保温材を増減することにより比較的容易に行ふことが出来た。又冷却速度は出来る限り等速になるやうに努め 800°C より 500°C に至る間の平均値を以て示した。先づ約 1.5°C/min. より遅い時には特異組織は全く生ぜず滲炭層は共析組織に續いて亞共析組織を生じてゐる。少しく速度を増して 1.7°C/min. 位にすると滲炭層の共析部と亞共析部との境目附近に特異組織が不連続に生じてくる。更に速度を増すにつれて (2~5°C/min.) 特異組織の

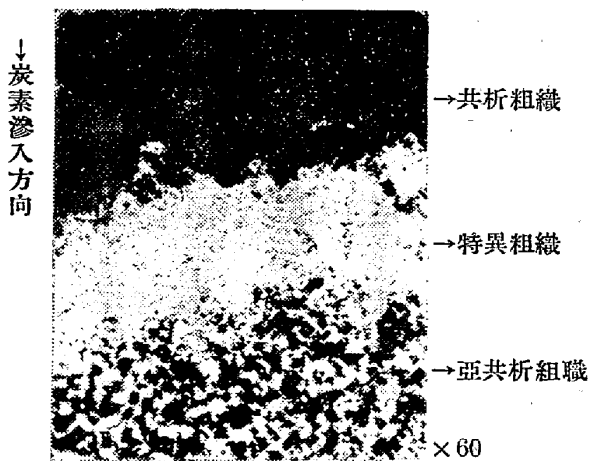
定した際には冷却速度を一定にして行つた。而るに前項の實驗に依つて特異組織の生成には成分元素のみならず冷却速度も大なる關係を有することが明かにされた。従つて特異組織の生成に及ぼす成分元素の影響を究めるに當つては冷却速度をも同時に考慮に入れなければ完全を期し難い。依つて前項に引續き本項では Si-Mn-Cr-Mo 鋼に於る特異組織の生成に及ぼす成分元素の影響を調べる爲に Si, Mn, Cr, Mo を夫々單獨に含有する鋼を調製し之等を 950°C で 4 時間滲炭後一亘常溫に爐冷し再び 950°C に加熱後種々の冷却速度で冷却し滲炭層の組織を検鏡した。

i) Si の影響. 試料 1S~3S (Si 1~3%) を滲炭後 1.8°C/min, 10°C/min, 20°C/min, 147°C/min., 空冷の如き種々の速度で冷却し之等の滲炭層を検鏡したが何れも普通の組織を示し特異組織を認めなかつた。但し空冷したものにあつては波來土は幾分吐粒洲状になつてゐる。

ii) Mn の影響. 試料 40~42 (Mn 1~3%) を用ひて Mn の影響を調べた。滲炭後 1°C/min., 2°C/min., で冷却したものは, Mn 1% では何等異状を示さない。Mn 2 及 3% のものは大體之と同様であるが只亞共析部の波來土がやや亂れて粒状を呈してゐることが異なる。5°C/min. では 1% Mn のものは異状なく, Mn 2 及 3% のものでは外周の高炭素部は過共析組織であるが共析部附近より少しく麻留田を生じ亞共析部では (麻留田) + (吐粒洲) となつてゐる。之に依つて見るに先づ 1% 以下の Mn は滲炭層に何等影響を及ぼさない。2% 以上の時は冷却速度を増すにつれて先づ波來土はやや粒状になるが特異組織を生ずる段階を経ることなく 5°C/min で直接麻留田を生ずる。従つて Mn もこの範圍の量では特異組織の生成に影響がない。

iii) Cr の影響. 試料 1c~3c (Cr 1~3%) を用ひて Cr の影響を調べた。滲炭後の冷却速度が 2~20°C/min では各試料とも異状は認められない。147°C/min. の場合にも 1% Cr のものは何等變化がないが 2% 及 3% Cr のものは何れも共析部附近に麻留田と吐粒洲が生じてゐるが何れにしても 3% 以下の Cr は特異組織生成には影響がない。

iv) Mo の影響. 試料 6 Mo (Mo 1.15%) を用ひて Mo の影響を調べた。2°C/min で冷却したものは外周の高炭素部はやや異状組織を呈してゐた。又共析部及亞共析部の波來土は幾分亂れてゐるが特異組織は全く現れてゐない。10°C/min. では共析部に相當する附近の波來土が亂れて粒状を呈してゐる。20°C/min では波來



寫眞 1. 滲炭層に於る特異組織

幅は次第に擴がつてくる。寫眞 1 は特異組織の現はれてゐる典型的な場合を示す。更に冷却速度が 8~10°C/min になると最初に特異組織を生じ始めた所は麻留田に變り始める。この麻留田も冷却速度の増加と共に擴がり約 20°C/min. になると著しく發達する。冷却速度をずつと増して空冷したものは滲炭層全體が麻留田になる。以上の實驗により第 1 報¹⁾で決定した成分を有する試料でも適當な冷却速度の時に始めて特異組織を生ずることが明かになつた。

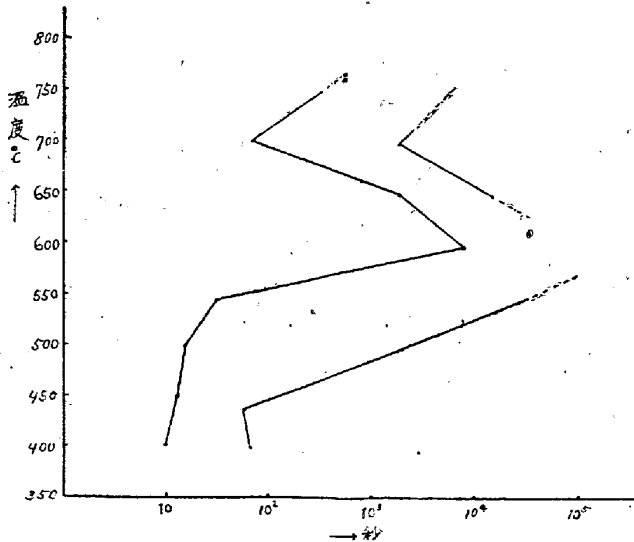
IV. 各元素の影響

第 1 報¹⁾に於て特異組織の生成に必要な成分元素を決

土が相當凝集してゐるが之は特異組織とは全く異なる。空冷したものは共析部附近に麻留田が現はれてゐる。斯の如く Mo 單獨では特異組織を生ずることはないが20°C/min の時波來土が相當亂れて凝集してゐることが特異組織の生成に何等かの關係があるのではないかと思はれる。

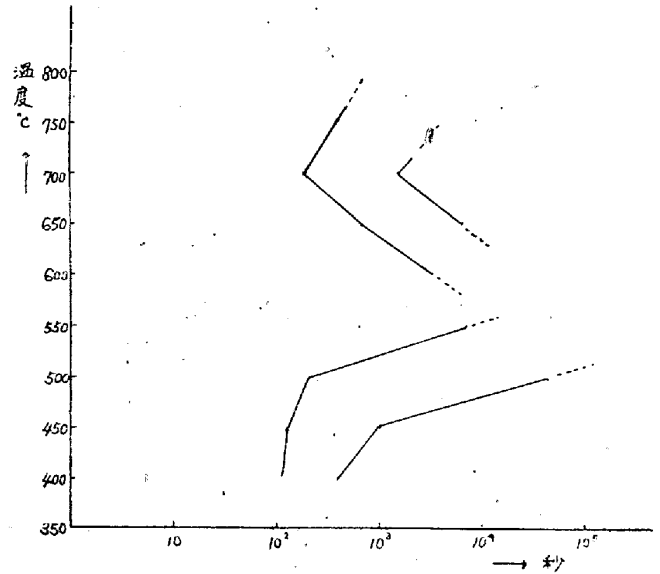
V. Si-Mn-Cr-Mo 鋼の S 曲線

一般に鋼の冷却速度による組織の變化はその鋼の S 曲線に依てよく説明し得るのであるから、特異組織を生じ得るやうな成分の鋼の S 曲線を求めればこの組織の生成機構を知り得るのではないか、又中間變態生成物(ペーナイト)との比較もなし得るであらうとの考へから Si-Mn-Cr-Mo 鋼の S 曲線を求めた。本鋼の S 曲線の研究に關しては既に山本井上兩氏³⁾の發表があるが著者は前述の如く特異組織と恒温變態生成物との關係を調べることに重點を置いて實驗を行つた。試料としては14M, 53, 54 の3種を用いた。之等は第1表に示す如くC量のみを異にするものであつて、滲炭層の高炭中炭低炭の各部分に對應するものである。各試片は滲炭温度と同じ950°Cに10分保ち850°Cに下げて之より400°C以上の各温度に保持せる鉛浴中に急冷し種々の時間浸漬後水中に急冷して組織を檢鏡し變態の進行過程及び變態生成物を調べ第1~3圖の如きS曲線を構成した。曲線の

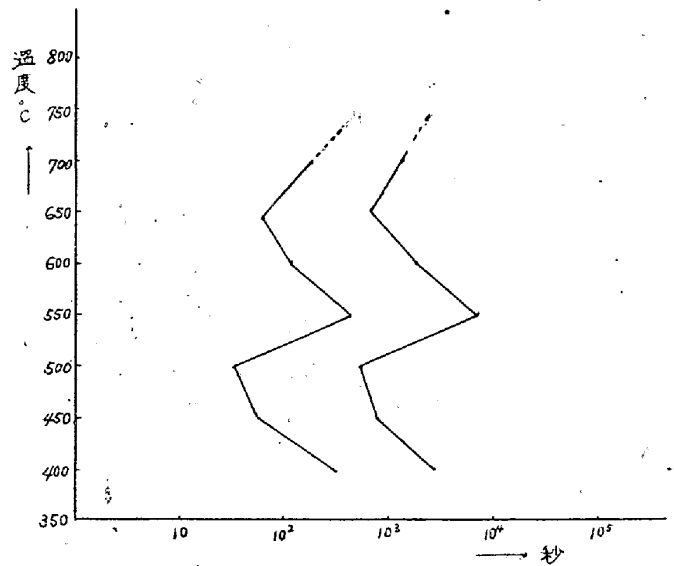


第1圖 試料 14M の S 曲線

形狀に就ては單味の Mo 鋼に關して從來發表せられてゐる多くの研究結果と同様である。又變態生成物に就ても特に異つた點は認められず顯微鏡的に特異組織に酷似せる生成物も見られなかつた。併し乍ら夫等の中でも比較的特異組織に近いと思はれる二三の生成物(例へば試料14Mの400~550°Cに於る生成物)に就てX線寫眞を撮つたが何れにも特異組織に於る如きγ相は認められなかつ



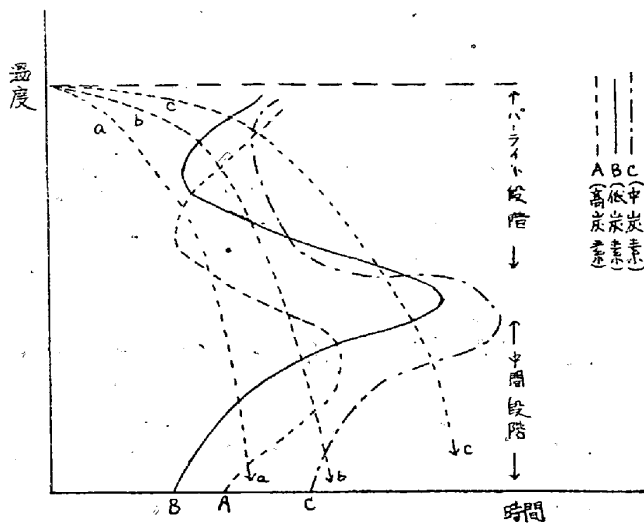
第2圖 試料 53 の S 曲線



第3圖 試料 54 の S 曲線

た、依つて特異組織が中間變態生成物そのものではないことは單に顯微鏡的のみならずX線的にも確められた。次に本研究で得たC量の異なる3種の鋼のS曲線中變態開始曲線のみを描けば第4圖の如くになり、C量の多少に従つて圖の如き配置をとる。即ちAは高炭素の場合、B、Cは夫々低炭素、中炭素の場合である。又曲線a、b、cは夫々冷却速度を異にする等速冷却曲線を表はすものとする、而る時はⅢで述べた所の冷却速度の影響を定性的に説明出来る、即ち冷却速度が極めて遅くて等速冷却曲線がcで表はされる場合にはcはA、B、C三曲線と何れも波來土段階で交はるから滲炭層全體が波來土變態を起し波來土を生ずる。冷却速度が少し速くなると冷却曲線はbで表はされるがこのb曲線は曲線A及びBとは波來土段階で交はるが曲線Cとは中間段階で交はる。

従つて滲炭層中の高炭素部及び低炭素部は波來土變態を起し波來土を生ずるが中炭素部は中間變態を起しペーナイトを生ずべきである。更に冷却速度が増してその冷却曲線が a 以下に表はさるる場合には a 曲線は A と波來土段階で交はるから滲炭層中の高炭素部には波來土を生ずるが、曲線 C と麻留田段階で交はるから中炭素部には麻留田を生ずる。斯様にして滲炭層に及ぼす冷却速度の影響は S 曲線に依り説明出来る、但し上述の冷却速度が b 曲線で示される場合に滲炭層中の中炭素部に実際に生ずるのは特異組織であつて、顯微鏡的にも X 線的にもペーナ



第4圖 (炭素量による S 曲線の配置)

イトそのものとは異なることは之にては未だ説明は出来ないが、少くとも、滲炭層に特異組織を生ずる爲には冷却曲

線が第4圖bの如き位置をとることが必要なことは明らかである。

VI. 總 括

前報に續いて特異組織に就て研究を行つた。

1. 特異組織を生ずる如き Si-Mn-Cr-Mo 鋼の滲炭層に及ぼす冷却速度の影響を調べた。
2. その結果 2~5°C/min. で特異組織が生ずることが分つた。
3. 同じく滲炭層に及ぼす Si, Mn, Cr, Mo 夫々單獨の影響を、冷却速度を考慮に入れて調べた。
4. 其結果上記各元素は單獨では特異組織を生成せしめぬことが明かになつた。
5. c 量を異にする 3 種の Si-Mn-Cr-Mo 鋼の S 曲線を求めた。
6. 其の結果特異組織は顯微鏡的にも、X 線的にもペーナイトそのものとは異なることが明かになつた。
7. 上に得た 3 種の S 曲線により滲炭層に及ぼす冷却速度の影響を定性的に説明し得た。

終りに臨み終始御指導と御激勵を賜はつた恩師吉川晴十先生並びに指導教官金森九郎教授に厚く御禮申上げる。
(昭. 23. 10 月寄稿)

文 献

- 1) 著者; 鐵と鋼 32 年 7~9 號
- 2) 山本, 井上; 鐵鋼協會講演, 昭和 21 年 10 月

高 Mn-Cr 耐熱鋼の機械的性質に関する研究 (1)

(耐熱鋼の研究 IV)

(昭 21. 4. 3. 第 2 回 (東京) 於地方講演會) 出口 喜 勇 爾*

ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF THE HIGH Mn-Cr HEAT-RESISTING STEELS (I) (STUDY ON THE HEAT-RESISTING STEELS IV)

Kiyoji Deguchi

Synopsis: The author studied as follows: (1) The influences of Cr, Ni, W, Mo, V, Ti, Cu of the high Mn-Cr steels on the high temperature (up to 800°C) mechanical properties of the high Mn-Cr steels, at the same time, for reference, on some of decrease of toughness when kept at about 700°C after quenched from 1050°C and on the scaling. (2) The effect of Ti of the high Mn-Cr-W-Mo steels on the decrease of toughness, not only at the room temperature, but also at the high temperature up to 700°C, when kept for long time at 750°C after quenched from 1050° and 1200°C. (3) The influences of C and V of the high Mn-Cr steels on the hardness and the shock value

* 日本特殊鋼株式會社