

669.14.018.258 \ 669.15'24'28-194 \ 62/.

785.78-669. (143) ニッケル・モリブデン鋼の析出硬化におよぼす炭素およびマンガンの影響

愛知製鋼

赤沢唯一・宮川哲夫・鈴木三千彦・林 健次

Effects of Carbon and Manganese on the Precipitation Hardening of Nickel-Molybdenum Steel. 1470 ~ 1472

Ichi AKAZAWA, Tetsuo MIYAGAWA, Michihiko SUZUKI and Kenji HAYASHI.

I. 緒 言

従来、低炭素ニッケルモリブデン鋼はおもに肌焼鋼として特殊な場合に使用されている。(たとえば British Standard En 34, En 35, En 38)

しかし最近では Mo 炭化物の析出硬化を利用した熱間型用鋼が使用されるにいたつた。

当社においては、3% Ni-3% Mo 鋼の熱間プレス型鋼を析出硬化させた状態で実用している。

一般の低炭素鋼の析出硬化におよぼす合金元素の影響については、多くの報告があり、とくに最近では IRVINE & PICKERING<sup>1)</sup>が詳細に発表しているが、3% Ni-3% Mo 鋼についての報告はあまり見られない。本報では 3% Ni, 3% Mo 鋼の熱処理特性のうちで、とくに析出硬化におよぼす C および Mn の影響について報告する。

II. 試料および実験方法

試料の溶製は電解鉄を原料として、35 kVA 高周波電気炉で行い、3.5 kg の鋼塊に注入した後 10mm φ に鍛伸した。

化学成分は Table 1 のように、C は 0.00~0.27%, Mn は 0.35~1.49% に変化させて焼入焼戻硬度、機械試験、電子回折、磁気測定、電気抵抗測定、線膨脹測定および酸化試験などに供した。なお試料は各実験に先立って、775°C から緩徐冷の焼鈍を行なつた。

III. 実験結果

(1) 焼入 焼戻 硬度

最高焼入硬度は空気焼入、水焼入の場合とも C および Mn 量が増加するにつれて大きくなる。しかし空気焼入硬度は C が 0.2% 以上ではほぼ飽和値に達し、約 HRC 40 となる。また Mn は最高焼入硬度を得る温度を低下させ、1.5% Mn では 950°C から空気焼入で最高硬度 HRC 48 を示す。

焼戻硬度は 450°C 以上で急激な析出硬化が現われる



Cementite

(Main component of residues consists of residual austenite)  
Photo. 2. Sample B, form of residues extracted electrolytically from 9% Ni steel ×20,000 (2/3).

ら完全に分離できたが、この理由は残留オーステナイト中に Ni がきわめて多く存在するのでその電位がマルテンサイトの電位よりも貴になる。したがって適当な電解液中で電解するとマルテンサイトだけが溶解し、残留オーステナイトが溶解せずに分離されてきたものと思われる。またこれら抽出分離の結果から残留オーステナイトの存在量も大略測定できるようになつたので、今後熱処理を変えた場合に生ずる微量の残留オーステナイトの量も測定できるかどうかを検討する予定である。

IV. 結 言

(1) 低温強靱鋼の一種である 9% Ni 鋼に存在する残留オーステナイト電解抽出法によりほぼ完全に抽出分離できることがわかつた。

(2) 抽出分離した残留オーステナイトの性状を調査した結果、その形状は長さ 1 μ 前後の針状または板状で、マルテンサイトと比較して Ni がきわめて富化され約 17~19% 程度になつていることがわかつた。

文 献

- 1) KOCH. W. KRISCH. A, SCHRADER. A: Arch. Eisenhüttenw., 28 (1957) 8, s. 445/459.
- 2) D. HARDWICK: Iron Steel, 34 (1961) 10, p. 414/450.

Table 1. Chemical composition of specimens (%).

| Designations | C    | Si   | Mn   | P     | S     | Ni   | Cr   | Mo   |
|--------------|------|------|------|-------|-------|------|------|------|
| C01          | 0.00 | tr.  | tr.  | 0.039 | 0.012 | 3.34 | tr.  | 2.96 |
| C08          | 0.08 | 0.02 | 0.02 | 0.026 | 0.012 | 3.46 | 0.03 | 2.96 |
| C16          | 0.16 | tr.  | 0.03 | 0.023 | 0.012 | 3.28 | 0.03 | 2.96 |
| C27          | 0.27 | 0.04 | 0.05 | 0.023 | 0.012 | 3.36 | 0.02 | 2.88 |
| 35M          | 0.17 | 0.12 | 0.35 | 0.014 | 0.014 | 2.98 | 0.11 | 3.87 |
| 102M         | 0.20 | 0.26 | 1.02 | 0.012 | 0.012 | 3.10 | 0.12 | 3.60 |
| 149M         | 0.22 | 0.24 | 1.49 | 0.017 | 0.010 | 3.25 | 0.12 | 3.61 |

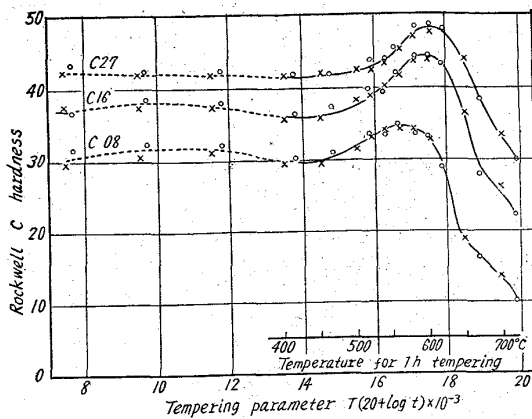


Fig. 1. Tempering characteristics of each carbon content.

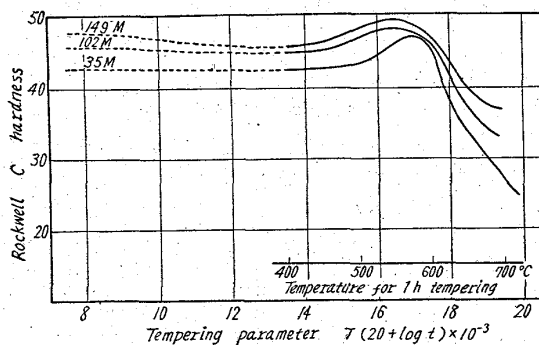


Fig. 2. Tempering characteristics of each manganese content.

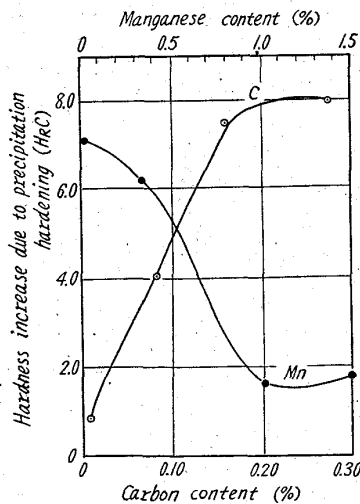


Fig. 3. Effects of carbon and manganese on the degree of precipitation hardening.

が、焼戻時間により析出硬化の様相が異なっている。tempering parameter  $T(20+\log t)$  と硬度との関係でこれを表わすと、Cの影響は Fig. 1, Mnの影響は Fig. 2 のようになる。つまり焼戻最高硬度は 0.2% CまではC量とともに増加するが、0.2% C以上ではほぼ飽和値に達する。Mn はわずかに焼戻最高硬度を増加させるだけである。

今、焼戻による最大析出硬化量を(焼戻最高硬度) - (焼入硬度) と定義すると、空気焼入後 1h 焼戻した純

合の最大析出硬化量は、Fig. 3 に示されるように、Cは 0.2% まで著しく硬化させるが、Mn は逆に析出硬化量を減少させることが知られる。

最高硬度を示す焼戻温度、およびそれ以上の温度での軟化抵抗についても、硬化量の場合と同様に、0.2% Cまでは軟化抵抗を大きくし、逆に Mn は軟化抵抗を小さくして低温で軟化し始める。

(2) 機械試験

Cは 0.2% まで抗張力を増加し伸び絞りなどの靱性を低下させる。Mn も抗張力を増加し、靱性を低下させるのはCと同様である。

(3) 電子回折

各熱処理過程における析出物を extraction replica の電子回折により同定した結果、モリブデン鋼の場合<sup>2)</sup>と同様に、焼鈍状態では  $M_6C$  型の炭化物が、水焼入焼戻の場合  $e \rightarrow M_3C \rightarrow Mo_2C$ , 空気焼入焼戻の場合  $M_3C \rightarrow Mo_2C$  と変化することが確認された。600°C 付近に起る析出硬化は、結晶性に欠しい  $Mo_2C$  の析出段階と考えられる。

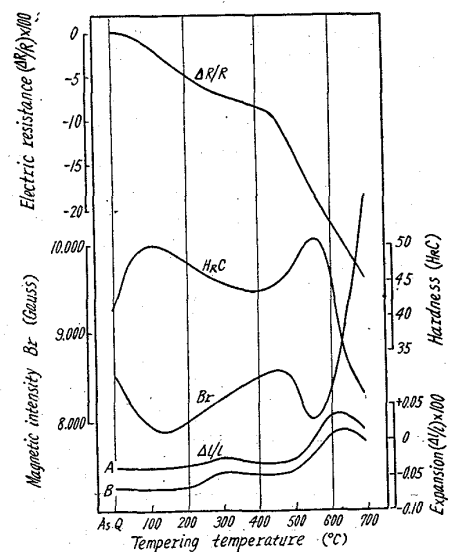
(4) その他の性質

C27 試料の水焼入焼戻した場合の電気抵抗、硬度、残留磁気および線膨張の変化の状態を一括して Fig. 4 に示す。電気抵抗は  $M_3C$  型炭化物が基地に溶ける温度でクニックを呈し、残留磁気は硬度変化と全く対称的に変化している。また膨張は 300°C 付近と 600°C 付近の 2 段に現われることが明らかになった。

IV. 結 言

3% Ni-3% Mo 鋼の焼入焼戻過程の諸性質におよぼすCおよび Mn の影響を調査した結果、つぎのことが確認された。

(1) Cは焼入硬度、焼入温度、焼戻最高硬度および析出硬化量をを増加させるが、0.2% C以上ではこれらの



A: Subzero-treated for 30mn. in liquid oxygen soon after quenching. B: Normally tempered.

Fig. 4. Relation between tempering temperature and various properties (0.27% C steel)

値がほぼ飽和値に達する。

(2) Mn の添加は焼入硬度を増加し、最高硬度を得る焼入温度を低下させると同時に、析出硬化量および焼戻軟化抵抗を減少させる。

(3) 析出硬化した状態での抗張力はCおよびMnの添加により増大するが、靱性は逆に減少する。

(4) 炭化物の同定およびほかの物理的諸性の変化により、この鋼の焼戻硬化はMo<sub>2</sub>Cの析出に起因することが確かめられた。

(5) 本鋼の飽和Cの量はMo含有量と密接な関係にあることが、析出物の同定により推察される。

文 献

- 1) K. J. IRVINE & F. B. PICKERING: J. Iron & Steel Inst.(U. K.), 194 (1960) 2, p. 137.
- 2) P. PAYSON: Trans. Amer. Soc. Metals, 51 (1959) p. 60.

669, 112, 227, 3(084, 212): 669, 14  
 018, 298, 2: 669, 15, 26, 28-194  
 (144) Cr-Mo 肌焼鋼の恒温変態曲線について 62324

金属材料技術研究所 1472~1473  
 ○中島 宏興・藤井 忠行

Isothermal Transformation Diagrams of Cr-Mo Case-Hardening Steels.

Hirooki NAKAJIMA and Tadayuki FUJII.

I. 緒 言

肌焼鋼は、高炭素の滲炭部が摩耗性や疲労強さの大きい性質をもち、そして低炭素の芯部が靱性をもち、この両者が組み合わされて優れた性質を発揮する。しかし、滲炭した材料を引張破断させた場合には、靱性の高い芯部があるにもかかわらずほとんど伸びることなく破断するなど、かならずしも両部分のよい点がそのまま現われるとは限らない。また滲炭部品は歯車のように複雑な形状をしたものが多く、焼入れによるひずみの発生を阻止するためにマルテンパーなどの熱処理が行なわれることもある。そこで肌焼鋼の組織とその性質との関係を明らかにするために一連の研究を行なう目的で、まずCr-Mo肌焼鋼について恒温変態図を作成したのでここに報告する。

II. 実験方法

(1) 実験試料

用いた試料はCr-Mo肌焼鋼(SCM 22)でその化学組成をTable 1に示す。

この素材を15mmφに鍛圧し焼ならしを行なった後に供試材とした。滲炭法による結晶粒度(Gc)は8・1であつた。

(2) 滲炭

滲炭は930°CでRXガスを用いてガス滲炭を行ない、0.5, 0.65, 1.0% Cの3種類の滲炭試料を作つた。滲炭後引続いて、炭素濃度を均一にするために拡散焼鈍を行なつた。

(3) 恒温変態曲線の作成

恒温変態曲線の作成はおもに熱膨張計による測定によつたが、さらに顕微鏡組織観察および硬度測定により確認した。熱膨張計測定に用いた試験片は3mmφ×30mmで、均一な滲炭層を得るために縦に1.6mmφの孔をあけた形状のものである。顕微鏡組織観察用の試験片は1~1.5mm厚さである。各変態の開始および終了線はそれぞれ1%および99%で表わした。オーステナイト化加熱温度は無滲炭の0.2% Cでは880°C、滲炭鋼では850°Cとし、保持時間はすべて10mnとした。Ac<sub>1</sub>, Ac<sub>3</sub>は熱膨張計により3°C/mnの加熱速度で測定した。Ms点も同様に熱膨張計により測定した。硬度はピッカース硬度計を用いて測定し、変態終了後の硬度が変態図に付記されている。

III. 実験結果および考察

0.2, 0.5, 0.65% CのSCM 22の恒温変態図をFig. 1~3に示す。0.2% Cではフェライトおよびパーライトのnoseがかなり短時間側にあるので、大きい焼入部品では完全にマルテンサイト組織をうることはかなり困難であり、とくにベーナイトnoseを切る可能性が大きい。また、パーライト変態は約675°Cで最も短時間で終了するが、温度が上下するにつれてかなり急激に長時間となるので、恒温焼なましをする時にはこの点に注意する必要がある。Photo. 1(a)は675°Cに300s保持した時の組織写真でフェライトおよびパーライトよりなる。

0.5% Cになるとフェライト、ベーナイトの両nose

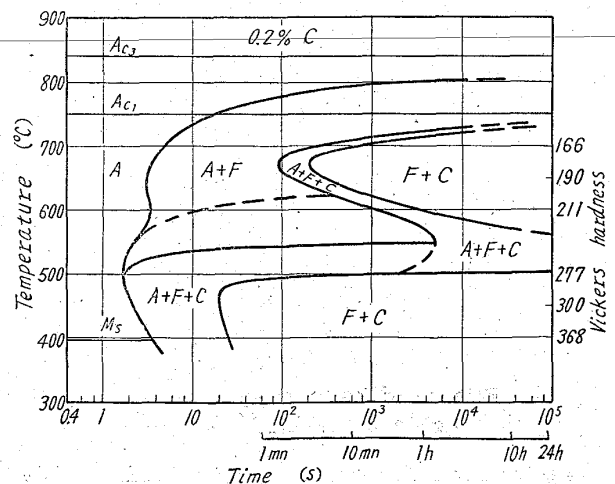


Fig. 1. Isothermal transformation diagram of Cr-Mo case-hardening steel (0.2% C).

Table 1. Chemical compositions of specimen (%).

| C    | Si   | Mn   | P     | S     | Cr   | Mo   | Cu   | Ni   | V     |
|------|------|------|-------|-------|------|------|------|------|-------|
| 0.20 | 0.21 | 0.63 | 0.013 | 0.007 | 1.08 | 0.19 | 0.04 | 0.14 | <0.01 |