

Fig. 3. (a)~(c) Increment in various properties due to quenching followed by subzero-treatment. (d) Amount of retained austenite in quenched steels. (e) Change of scale-reading in differential dilatation curves due to decomposition of retained austenite of unit volume. (f) Carbon-equivalent of steels.

に換算した総量をその鋼の C 当量として表はしたもので、換算はつぎの方法によつた。既報¹⁾において述べたように、この種の鋼において、焼入れによる長さの変化率が零となるような焼入れ温度 T_Q は、 $T_Q(°C) = 1365 - 294(C\%) - 138(Mn\%) - 15(Cr\%) + 32(W\%)$ で示される。この式の各項の係数より、Mn, Cr, W のそれぞれ 1% に相当する C% として、Mn の C 当量は $138/294 = 0.47\%$ 、Cr の C 当量は $15/294 = 0.05\%$ 、W の C 当量は、 $-32/294 = -0.11\%$ と定めた。Fig. 3 をみるにこのようにして求めた各鋼の C 当量の関係と (a)~(e) 図とはよい対応を示している。従つてこの種の鋼において、化学成分より C 当量を求めればその鋼の焼入れ時の性質変化を推定するに便利と思はれる。このような方法は実験試料の各成分元素量にばらつきのある場合や、実用合金を取扱う場合などに有効であると考えられるので、本実験に用いた鋼とほぼ同様な鋼種について実験された山中、日下²⁾ および小柴、九重³⁾ のデータに対し、本実験の C 当量を適用し検討したところ、両氏の結果はよく一致していることが確かめられた。

IV. 結 言

C 約 1%, Mn 0.8~1.4%, Cr 0.5~1.1%, W 0.3~1.1% の成分範囲の低合金工具鋼 12 種について、950°C 焼入およびサブゼロ試料の性質、焼入試料の残留オーステナイト量および示差膨張実験による焼戻しの変化など

を測定し、合金元素量を C 当量で表はすことを試み、この鋼の性質との関連について対比研究した。その結果によればこの種の鋼の性質の変化は C 当量とよく対応することがみられた。

文 献

- 1) 横山, 松倉, 漆原, 島田: 鉄と鋼, 49 (1963), p. 680~684
- 2) 佐藤, 西沢, 大橋: 鉄と鋼, 44 (1958), p. 54~58
- 3) 山中, 日下: 鉄と鋼, 42 (1956), p. 111~116
- 4) 小柴, 九重: 日本金属学会誌, 16 (1952), p. 220~225

669.14.018.258:669.15'24'28-194
 =621.785.78.011:620.172.2:620.178
 (145) 0.2%C を含む Ni-Mo 鋼の析出硬化特性および機械的特性におよぼす時効温度と時間の影響

(析出硬化型熱間工具鋼の研究—II)

愛知製鋼

63335
 赤沢 唯一・小田 昭午
 鈴木三千彦・林 健次

Effects of Aging Temperature and Time on the Precipitation Hardening and Mechanical Properties of Ni-Mo Steel Containing 0.2% Carbon.

(Study on precipitation hardening hot-work die steels—II)

1535~1537
 Ichi AKAZAWA, Shōgo ODA,
 Michihiko SUZUKI and Kenzi HAYASHI

I. 緒 言

従来の熱間工具鋼は鍛造用としては (Ni)-Cr-Mo-V 系の中炭素合金鋼、プレス、ダイカスト型用としては 5%Cr 基または 5%W, 10%W 基の合金鋼が用いられてきたが最近 Mo-炭化物の析出硬化を利用した鋼が熱間プレス型として注目をあびてきている。

著者らは Ni-Mo 系析出硬化型鋼の析出硬化の機構を根本的に追求し、また本鋼の析出硬化過程におよぼす種々の合金元素の影響を調査研究し、これらのうち C, Mn の影響については報告してきた¹⁾。

本鋼は焼入れ後の焼戻時効により硬化した状態で実用に供されるのであるが、この時効処理により硬度、マイクロ組織および抗張力、伸び、絞り、衝撃値などの機械的性質が大きく変りダイス寿命におよぼす影響は大きいと推測される。今回はこれら諸性質におよぼす時効処理の影響を追求した結果を報告する。

II. 実験試料および実験方法

実験に供した試料の化学組成を Table 1 に示す。この素材を 13φ に鍛伸して 775°C から徐冷して実験に供した。

硬度測定および電子顕微鏡観察: 13φ 鍛伸材を約 8 mm 厚さに切断して 1050°C×30 mn で空冷後 450~650°C 間の一定温度で種々の時間焼戻時効を行なつて硬

Table 1. Chemical compositions of specimen.

C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Ni	Mo
0.211	0.15	0.23	0.009	0.012	0.12	0.07	3.14	3.30

度を測定した。また炭化物反応を追求するため硬度測定用試料よりレプリカをとって電子線廻折および組織観察を行なった。

常温引張試験:—13 ϕ 鍛伸材を 1,000°C×30 mn で空冷後、引張試験片を加工して 450°C~660°C 間の一定温度で種々の時間焼戻時効を行なって常温で試験した。

III. 実験結果

(i) 析出硬化特性におよぼす時効温度と時間の影響
時効温度が 450°C, 500°C の場合では 10 時間まで時効を施しても 2 次硬化のピークは現われないが 550°C 以上になると 10 時間以内でピークが現われるようになり、このピークは時効温度の上昇に従って短時間側に移行して行く。各時効温度における時間に対する硬度変化を Fig. 1 に示す。

Fig. 2 の等硬度曲線は一定の析出硬度を得るための温度と時間との関係を示すもので、時間を対数目盛でとると温度 $T(^{\circ}\text{C})$ と時間 $t(\text{S})$ との関係は直線式、で $T+70 \log t = \text{const.}$

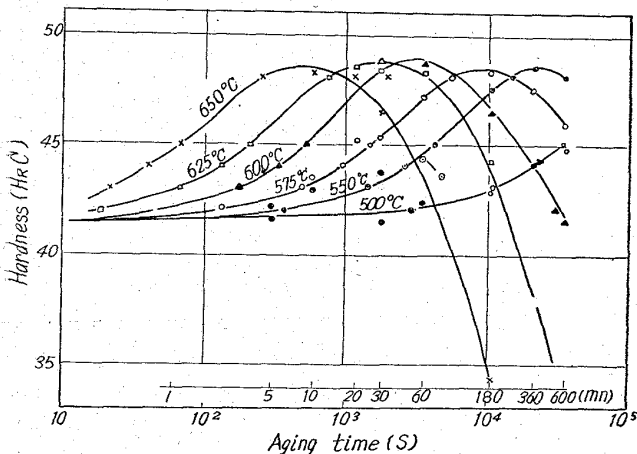
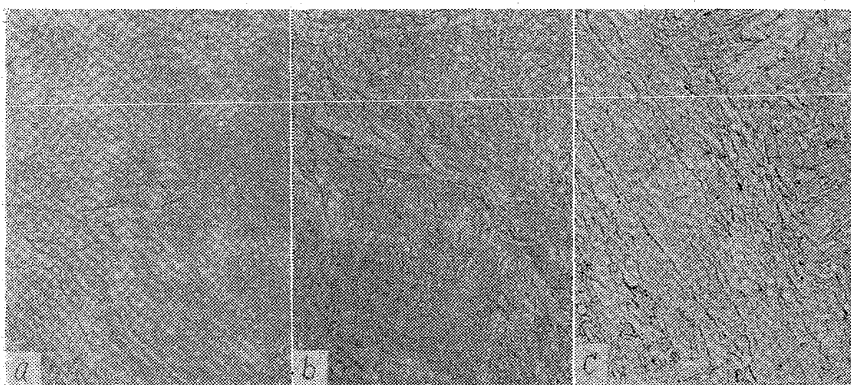


Fig. 1. Change in hardness vs. aging time.



a: as quenched from 1050°C, b: 5mn aged after quenching
c: 180mn aged after quenching ×5000 (1/2)

Photo. 1. Electron micrographs of 575°C aging under different aging time.

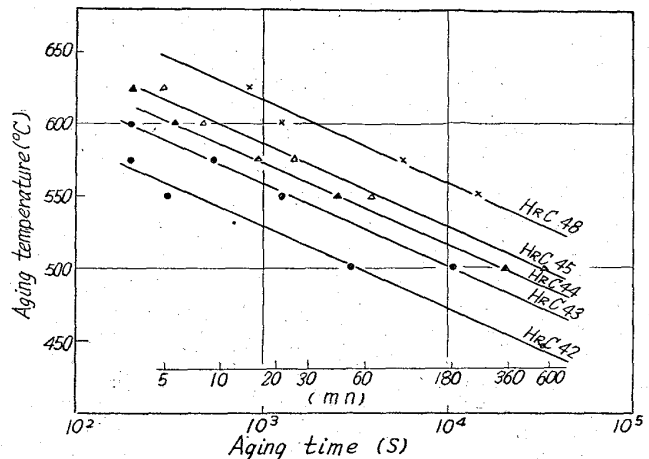


Fig. 2. Relation between aging temperature and time to obtain a various levels of hardness.

表わされる。

(ii) 炭化物の電子線廻折および組織観察

575°C 時効の電子線廻折の結果 10 分まで M_3C の明瞭な廻折リングが現われているが 20 mn 以上になるとこのリングは不明瞭になってきて析出硬化が 8 割程進行した 60 mn になると Mo_2C の廻折リングが現われる。そして時間の経過に従って明瞭な廻折リングになってくる。

この 575°C 時効の際の電子顕微鏡写真を Photo. 1 に示す。レプリカは普通レプリカ法によつた。575°C 以外のいずれの温度でも析出硬化のピーク時には Mo_2C が観察された。

(iii) 析出過程の活性化エネルギー

硬度測定結果より次式の Arrhenius の式²⁾を用いて活性化エネルギーを求めてみた。

$$K = A \exp(-E/RT) \dots\dots\dots (1)$$

ここに K は速度恒数、 A は常数、 R はガス恒数、 E は析出に要する活性化エネルギー、 T は絶対温度を示す。速度恒数 K はある一定量の析出が完了するに要する時間 $t(\text{S})$ より $K = Bt^{-1}$ (B は変態量によつて異なる常数) から計算できるので³⁾ (2) 式は次の式に書き換えられる。

$$t = C \exp(E/RT) \dots\dots\dots (2)$$

両辺の常用対数をとれば、

$$\log t = D + 0.434 \times$$

$$E/R(1/T), D \text{ は常数} \dots (3)$$

Fig. 3 は Fig. 1 よりある量の析出が完了するに要する時間を温度別に求めて $(1/T)$ に対して $\log t$ をプロットしたものである。この直線の勾配と (3) 式より活性化エネルギー E を求めると、 $E = 54,400 \text{ cal/mol}$ が得られる。

(iv) 常温引張特性におよぼす時効温度と時間の影響

抗張力は硬度と同様に析出が進むに従って増加し、硬度がピークを示す温度 1 時間で抗張力のピークがある。そして時効時間が長くなるに従ってこのピークは

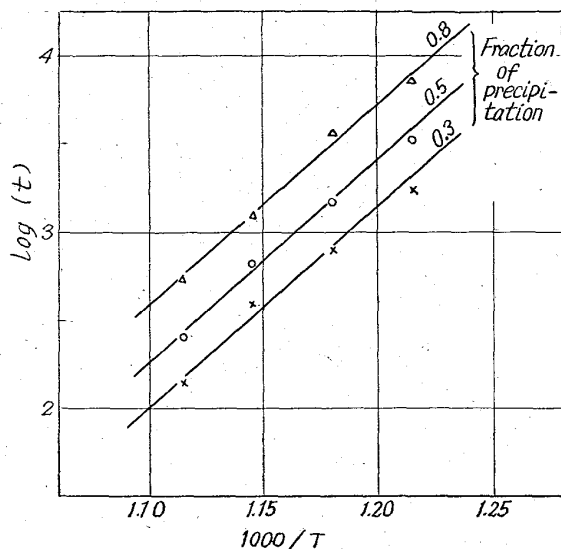


Fig. 3. Relation between logarithms of aging time t (s) and reciprocals of aging temperature T ($^{\circ}$ K) for a certain amount of precipitation.

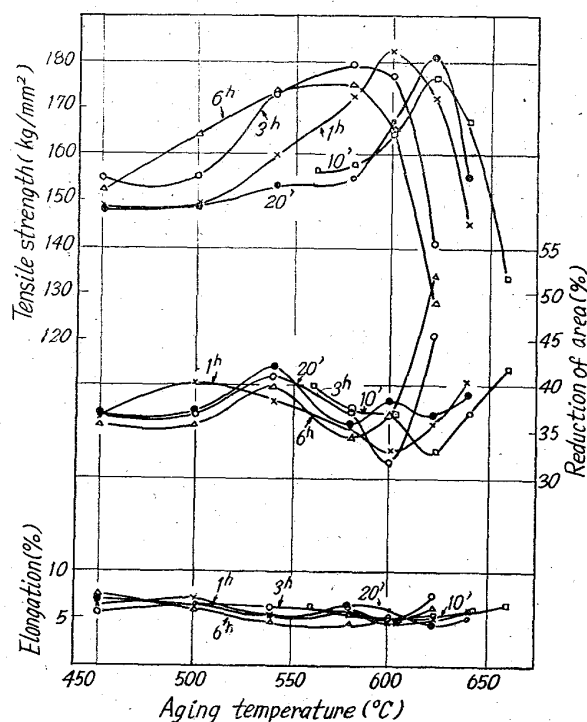


Fig. 4. Change in tensile properties vs. aging temperature.

低温側に移行して行きこの様子は硬度変化の場合と同様であつた。絞り抗張力が最大になるところで最小になりこの brittle な点は時効時間と共に低温側に移行して行く。

V. 結 言

0.2% C を含む Ni-Mo 鋼の析出硬化特性および常温の機械的性質におよぼす時効処理の影響を追求した結果次のことが解つた。

(1) 時効温度が高くなるに従つて析出硬化のピーク

は短時間側に移行していく。この際ピーク値はいずれの時効温度においても同じであつた。

(2) 一定の析出硬度を得るための時効温度 T ($^{\circ}$ C) と時間 t (S) には次の関係があつた。

$$T + 70 \log t = \text{const.}$$

(3) 析出が 8 割程度進行すると Mo_2C の廻折リングが現われるようになり析出硬化のピーク状態では微細に析出した Mo_2C が観察された。

(4) 析出過程の活性化エネルギー E を求めた結果、
 $E = 54,400 \text{ cal/mol}$

であつた。

(5) 抗張力も硬度と同様に析出の進行と共に増加し、硬度がピークを示す温度、時間で抗張力のピークがみられ、時効時間が長くなるに従つてこのピークは低温側に移行していく。(文献省略)

669.14.018.258-669.15'25'26'27'292

-194.3-621.785.172.01-620.178.152

(146) 12Cr-W-V-Co 鋼の焼戻挙動に於て

いて 620.178.746.22

(熱間工具鋼に関する研究-I)

日本特殊鋼

63336

○西村 富隆・新山 善之

On the Tempering Behaviour of 12Cr-W-V-Co Steels. 1537~1539

(Study on hot work tool steels-I)

Tomitaka NISHIMURA

and Yoshiyuki SHINYAMA.

I. 結 言

鋼および合金鋼の焼戻の際に生ずる諸反応は、その温度と時間によつて支配されることは周知のことである。特に高温で使用されるものは、一度焼戻が施されているとはいえ、その後長時間高温で用いられているうちには一種の焼戻時効をうけ、諸性質が変化してくることは必定で、したがつて高温用鋼では長時間焼戻の影響を十分に把握しておくことが重要なことと考えられる。

よつて今回は、まず 12Cr-W-V-Co 系の熱間工具鋼を選び、これの焼戻挙動を基礎的に研究した結果について報告する。

II. 試料および実験方法

(1) 試料 35kVA 高周波誘導炉により溶製した 8 Kg 鋼塊を角 15mm および丸 12mm に鍛伸し、これを焼鈍してから各実験に供した。これらの化学成分を Table 1 に示す。

(2) 実験方法 上記焼鈍材より JIS 3 号シャルピー衝撃試験片と 10mm ϕ \times 60mm の電解試料を作製し、これら試料の炭化物を基地に完全に固溶せしめるために、アルゴン雰囲気炉を用い、実用焼入温度よりかなり高い温度 1200 $^{\circ}$ C に 1h 保持後油冷した。しかる後 -73 $^{\circ}$ C \times 3h のサブゼロ処理を行なつた試料について、450, 500, 550, 600, 650, 700 $^{\circ}$ C の各温度において、0.35, 1, 3.5, 10, 35, 100, 350, 1000h の焼戻 (油冷) を行なつた。この際焼戻処理は、1h 以内のものは鉛浴炉、3.5h 以上のはアルゴン雰囲気炉を用いて行なつた。