

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

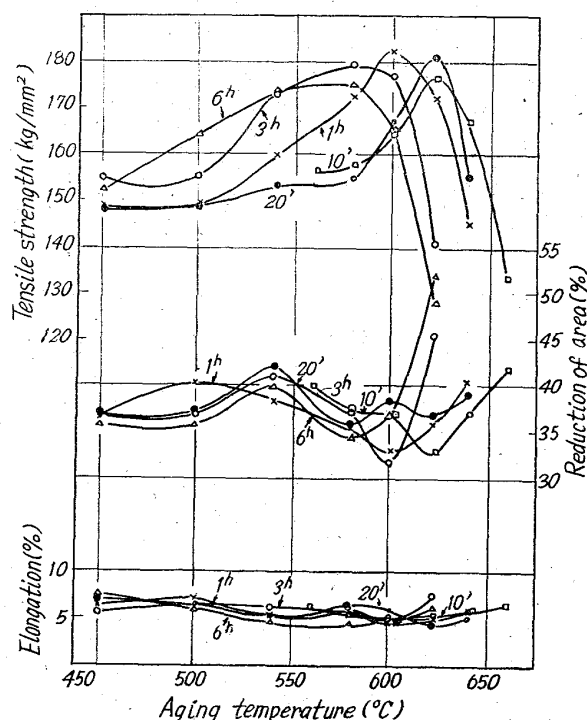


Fig. 4. Change in tensile properties vs. aging temperature.

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  $\text{Mo}_2\text{C}$  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  $\text{Mo}_2\text{C}$  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  $\phi$   $\times$  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。

Table 1. Chemical composition of specimens. (%)

Designation (type)	C	Si	Mn	P	S	Cr	W	V	Co	Remark
DSE (12Cr-7W-0.5V-5Co)	0.22	0.49	0.58	0.014	0.013	11.68	6.94	0.49	4.85	(a), (b), (c) (d)
	0.23	0.47	0.57	0.013	0.012	11.86	6.92	0.51	4.85	
DSF (12Cr-7W-0.5V-10Co)	0.22	0.50	0.58	0.014	0.013	11.62	7.47	0.54	9.50	(a), (b), (c) (d)
	0.22	0.48	0.57	0.013	0.013	11.42	7.50	0.54	9.50	

(a) Hardness test, (b) Shock test, (c) Extraction replica, (d) Electrolytic extraction.

硬度測定は衝撃試験片により行ない、Extraction replicaもまた同試験片から採取した。電解残渣は、1N塩酸水溶液、18 mA/cm<sup>2</sup>の電流密度、55 hの電解時間のごとき条件のもとに採取した。

このようにして上記温度と時間の焼戻を行なった試料について、硬度と衝撃値を求め、またそのExtraction replicaの電子顕微鏡組織および電子回折と電解抽出残渣のX線回折を行ない、これらの結果を総合して焼戻挙動を詳細に検討した。

III. 実験結果

(1) 硬度 HRC 48.3 のDSE 焼入鋼を前記条件のもとに焼戻を行なった場合の時間と硬度の関係を Fig. 1 に示す。450°Cでは1000hまで硬化が徐々に進行し、軟化現象はまだ現れていない。500°Cでは10hのところに硬度の極大があり、それ以後では軟化している。また550°C~700°Cでは0.35hですでに軟化がはじまっている。この結果によると、焼戻温度が上昇するほど硬化の山が短時間側へ移動する経過が明瞭に認められる。DSF 鋼の焼戻時間・硬度曲線もDSE 鋼の場合と大体類似している。

つぎにこれらの結果に対して、HOLLOMON-JAFFE<sup>1)</sup>の焼戻時間・温度パラメータ  $P = T(20 + \log t) \times 10^{-3}$  を用い ( $T$  は絶対温度,  $t$  は時間), これと焼戻硬度との関係をDSE, DSF 鋼について求めると Fig. 2 のごとくなり、1本の曲線であらわせる。これによると両鋼種の焼戻硬度の最大は  $P=16$  の附近で生じ、ここは焼戻時間1hの場合には525°Cに相当する。

(2) シャルピー衝撃値 Fig. 3 はDSE 鋼についての衝撃試験の結果を時間・温度・衝撃値の関係において図示したものである。衝撃値の谷は焼戻の時間が長くなるほど低温側に移行している。またDSF 鋼では衝撃

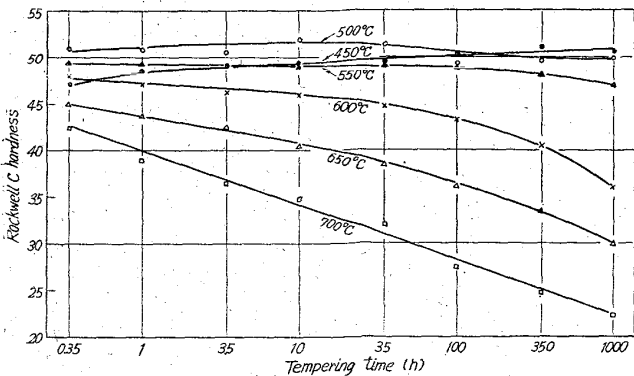


Fig. 1. Isothermal tempering curves for DSE steel.

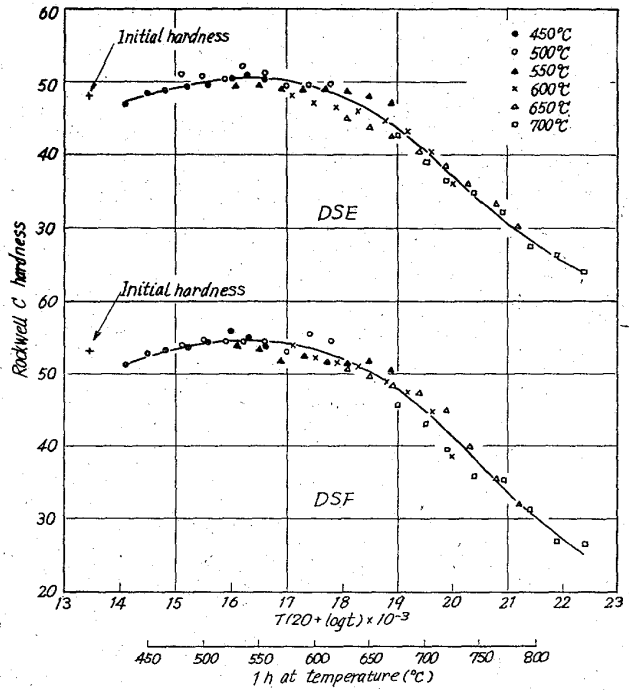


Fig. 2. Master tempering curves for DSE and DSF steels.

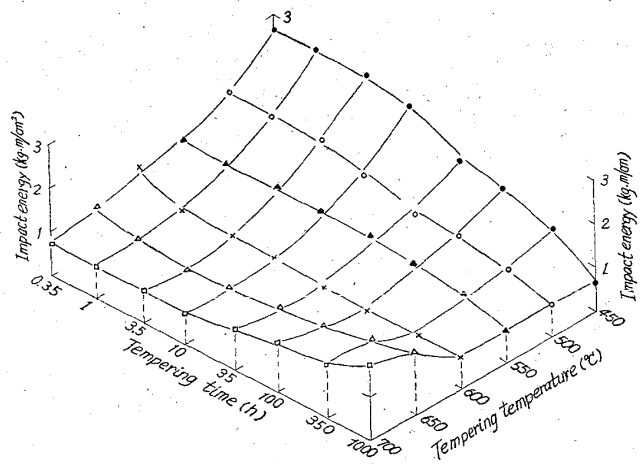


Fig. 3. Charpy impact energy plotted isometrically against time and temperature of tempering for DSE steel.

値は若干小さい値を示すが、やはり同様の傾向が認められる。つぎに衝撃値をパラメータ  $P$  との関係であらわすと Fig. 4 が得られ、衝撃値の谷は両鋼種とも  $P=19$

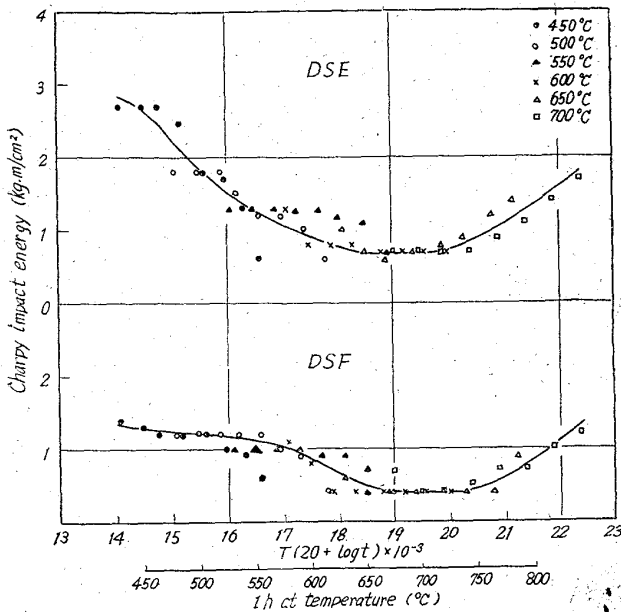
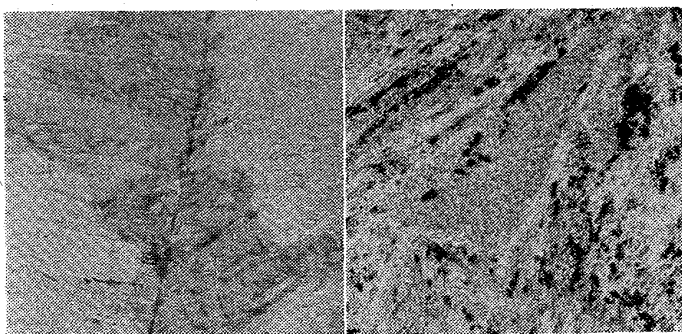


Fig. 4. Charpy impact energy versus time-temperature parameter for DSE and DSF steels.

~20 にあるが、その巾は DSF 鋼の方がすこし広いようである。この谷の位置はあきらかに硬度の山に相当する位置 ( $P=16$ ) より、 $P$  の大なる側へずれている。

(3) 電解残渣の X 線分析 I(a) で述べた方法により採取した残渣を X 線回折したところ、DSE, DSF 鋼ともに  $P=18.5$  を境にして、これ以下では回折線があらわれず、この値以上では  $M_{23}C_6$  の存在が認められ、さらに  $P=19.5$  を越すと Laves 相 ( $Fe_2W$ ) の現れることが判明した。

(4) 電子顕微鏡組織および電子回折 Carbon replica 膜上に抽出された析出物を形態的に観察したり、あるいはその電子回折による同定を試みた。DSF 鋼においては、 $P=15.1$  以上ではすべて析出物が抽出され、それ以下では析出物がないことがわかり、析出の初期状態からの過程を観察することができた。代表的な抽出レプリカ組織を Photo. 1 に示す。 $P=15.6 \sim 17.8$  の coherent な炭化物が存在すると考えられる領域では、析出物は結晶としてまだ整わないためであろうか回折線



(a) Tempered 3.5h at 500°C. (b) Tempered 100h at 600°C. ( $P=15.9$ ) ( $P=19.2$ )  $\times 6000(1/2)$

Photo. 1. Electron microstructures obtained after tempering DSF steel. Carbon extraction replica.

はほとんど得られなかつたが、 $P=18.5$  附近の回折結果から類推すると  $M_{23}C_6$  に近いものと思われる。

#### IV. 結 言

DSE, DSF 鋼の焼戻挙動はほとんど同じ傾向を示す。硬化現象は両鋼種とも  $P=14.1 \sim 16.0$  の範囲で進行し、 $P=16.0$  で最高に達し、これ以上の  $P$  の値では軟化する。また衝撃値の谷は  $P=19 \sim 20$  にあり、硬度の山とは一致しない。一方  $M_{23}C_6$  炭化物は  $P=15.6$  附近で析出しはじめ、 $P=19.5$  附近では Laves 相  $Fe_2W$  の析出がはじまる。この結果によると、硬度の山は  $M_{23}C_6$  の析出開始点に相当し、衝撃値の谷は  $Fe_2W$  の析出しはじめる附近で生ずることが判明した。

#### 文 献

- 1) J. H. HOLLOMON and L. D. JAFFE: Trans. Met. Soc., Amer. Inst. Min., Met. & Pet. Eng., 162 (1945), p. 223

669.14.018.258; 669.15.26.27.292-194  
: 621.785.72.01; 626.178.152.42; 620.178.746.22

#### (147) W-Cr-V 鋼の焼戻挙動について

(熱間工具鋼の研究-III)

日本特種鋼

63337

西村 富隆・○新山 善之

#### On the Tempering Behaviour of W-Cr-V Steels.

1539~1544

(Study on hot work tool steels-III)

Tomitaka NISHIMURA  
and Yoshiyuki SHINYAMA.

#### I. 緒 言

前報においては 12Cr-W-V-Co 鋼の焼戻挙動について述べたが、本報告はこの場合とまったく同様の目的、方法をもつて、W-Cr-V 系の熱間工具鋼の焼戻挙動について研究したものである。

#### II. 試料および実験方法

##### (1) 試 料

前報同様に 35 KVA 高周波誘導炉にて溶製した 8 kg 鋼塊を角 15mm および丸 12mm に鍛伸し、を焼鈍後各試験に供した。これら試料の化学成分を Table 1 に示す。

##### (2) 実験方法

実験試験片の作製および熱処理 (焼入は、炭化物を基地に完全に固溶せしめるために、実用焼入温度よりかなり高い温度 1200°C から行なつた)、硬度測定、衝撃試験、電解残渣採取法およびその X 線回折、Extraction replica の電子顕微鏡組織と電子回折などはすべて前報と同様に行なつた。

#### III. 実験結果

##### (1) 硬 度

1200°C において炭化物を完全に固溶させた DSH 鋼焼入サブゼロ処理鋼 ( $H_R C 48.7$ ) を温度 450~700°C において 0.35~1000 h の焼戻を行なつたときの硬度を Fig. 1 に示す。450°C においては 1000 h までは硬化の一途をたどり、軟化現象はまだあらわれていない。しかし 500°C においては硬度の極大は 35~100 h、550°C