

第 7 会 場 (耐熱鋼・工具鋼・肌焼鋼)

667.14.918.258:667.15-194:621.785.72

(154) 1Cr, 1Cr-0.3V, 0.3Ni-1Cr-0.3Mo, 1Cr-0.3Mo-0.3V 鋼の焼戻挙動について

(熱間工具鋼に関する研究-VI)

日本特殊鋼

○西村 富隆・新山 善之

On the Tempering Behavior of 1Cr, 1Cr-0.3V, 0.3Ni-1Cr-0.3Mo and 1Cr-0.3Mo-0.3V Steels.

(Study on hot work tool steels-VI)

Tomitaka NISHIMURA and Yoshiyuki SHINYAMA.

1. 緒 言

11 種類の熱間工具鋼に対する焼戻時効現象の研究結果については、すでに数回にわたり報告した^{1)~4)}。今回は、1Cr, 1Cr-0.3V, 0.3Ni-1Cr-0.3Mo, 1Cr-0.3Mo-0.3V 型の鍛造用型鋼を今までと同様に焼戻時効した際の、硬度、衝撃値、内部応力、炭化物反応、電子顕微鏡組織などの変化を調べ、これらを総合して 4 供試鋼の焼戻現象を詳細に検討した。

2. 試料および実験方法

供試材としては、35kVA 高周波誘導炉にて溶製した 8kg 鋼塊を 14mm φ と 14mm φ 中に鍛伸してから焼鈍したものを使用した。これら試料の化学成分を Table 1 に示す。

加工試料はすべて 1100°C に 1 hr 保持して炭化物を基地中に完全に固溶してから油冷し、直ちに -73°C × 3 hr のサブゼロ処理をほどこし、しかる後焼戻を行なった。炭化物の電解抽出、抽出レプリカ採取、内部応力測定方法などは前報⁴⁾の場合とまったく同様である。

3. 実験結果

3.1 硬度および衝撃値

0.3Ni-1Cr-0.3Mo 型の FD7 (焼入硬度 HRC 60.2) を 400~700°C の各温度で 0.35~1000 hr の焼戻時効を行なった場合には、硬度と時間との関係は Fig. 1 の

ようになる。400, 450, 500°C においては、硬度は直線的にゆるやかに減少するが、550°C 以上の温度では軟化はやや急速に進行するようになる。また 700°C では長時間側において硬度は一定値におちつくような傾向が見られる。

Fig. 2 は、硬度の場合と同様に、FD7 の常温におけるシャルピー衝撃値を焼戻時効時間に対してプロットして得た衝撃値曲線である。400~550°C の温度範囲においては、衝撃値は時間とともに漸増している。ところが、600°C になると 200 hr 付近に極大が発生し、650°C ではこれが約 15 hr のところに移ってくる。700°C ではこの極大は 3.5 hr 付近に移動し、さらに極小が 125 hr のところにあられてくる。このように、600°C 以上の焼戻温度においては衝撃値に起伏変化が生じ、その変化現象は温度が高くなるほど短時間側に規則的に移行している。

以上の FD7 の硬度値と衝撃値を、焼戻パラメータ

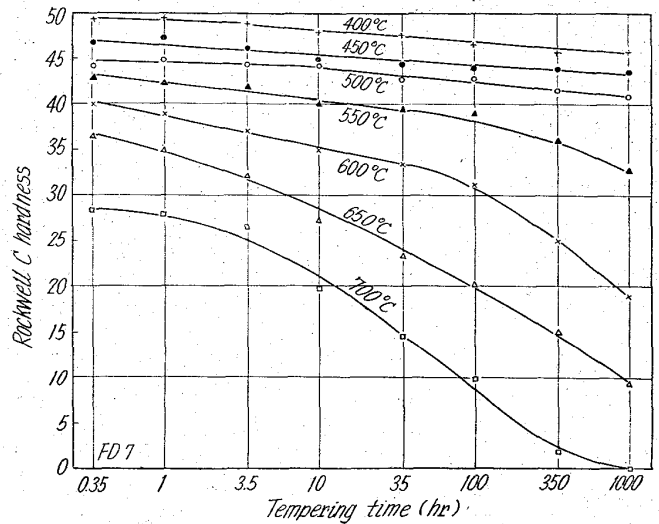


Fig. 1. Isothermal tempering hardness curves for FD7 steel.

Table 1. Chemical composition of specimen (%).

Designation (type)	JIS	Specimen No.	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V
FD 3 (1Cr)	SKT 2	1	0.46	0.30	0.80	0.009	0.014	—	1.13	—	—
		2	0.46	0.30	0.83	0.008	0.018	—	1.09	—	—
FD 4 (1Cr-0.3V)		1	0.46	0.29	0.70	0.009	0.018	—	1.09	—	0.30
		2	0.47	0.27	0.71	0.009	0.017	—	1.09	—	0.30
FD 7 (0.3Ni-1Cr-0.3Mo)	SKT 3	1	0.48	0.37	0.72	0.010	0.019	0.32	1.08	0.35	—
		2	0.48	0.32	0.75	0.009	0.019	0.31	1.12	0.36	—
FD 8 (1Cr-0.3Mo-0.3V)	SKT 5	1	0.48	0.32	0.76	0.008	0.018	—	1.11	0.32	0.28
		2	0.48	0.31	0.74	0.009	0.018	—	1.14	0.31	0.27

Specimen 1 was used for hardness, impact, extraction replica and internal stress tests, and 2 for electrolytic extraction.

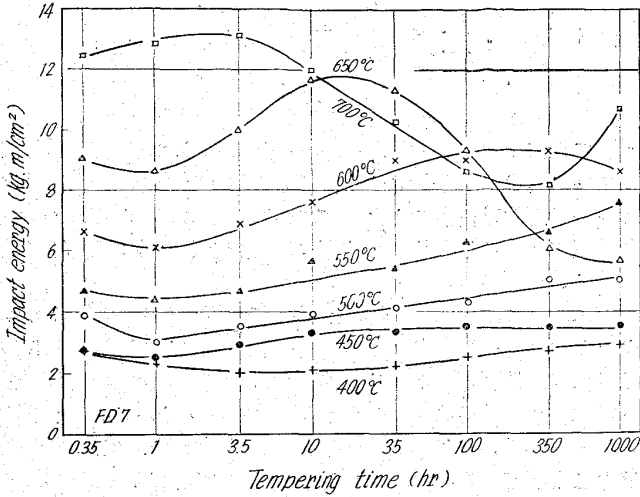


Fig. 2. Isothermal tempering impact energy curves for FD7 steel.

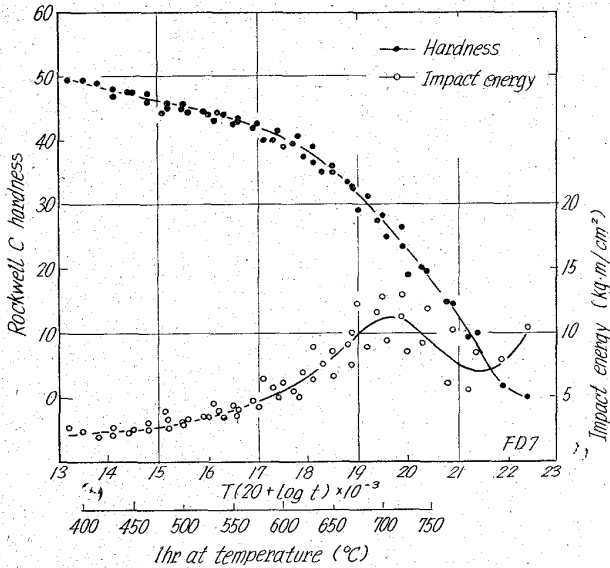


Fig. 3. Master tempering hardness and impact energy curves for FD7 steel.

$P = T(20 + \log t) \times 10^{-3}$ に対してプロットすると、Fig. 3のような母硬度曲線と母衝撃値曲線が得られる。硬度は焼戻パラメータの増加とともに単調に減少する。衝撃値は P が大になるにしたがつてゆるやかに増大し、 $P = 19.5$ で極大に達するが、この点をすぎると減少しはじめ $P = 21.5$ で極小となる。すなわちこの付近で焼戻脆性を示すようになる。

このようにして、FD3, FD4, FD7, FD8 の全供試鋼に対する母硬度曲線と母衝撃値曲線をひとまとめにしたものが Fig. 4 である。まず硬度曲線に着目すると、V を含有しない FD3 と FD7 の曲線は似た形をしており、硬度は P とともに単調に低下している。これに反し、V を含む FD4 と FD8 においては、これらの硬度は $P = 15.5$ まではゆるやかに低下するが、 $P = 15.5 \sim 17.5$ の範囲ではほとんど変化せず一定値を示し、 $P = 17.5$ を越すと急激に直線的に減少する。このように V 添加によりいわゆる 2 次硬化現象が明瞭にあらわれている。

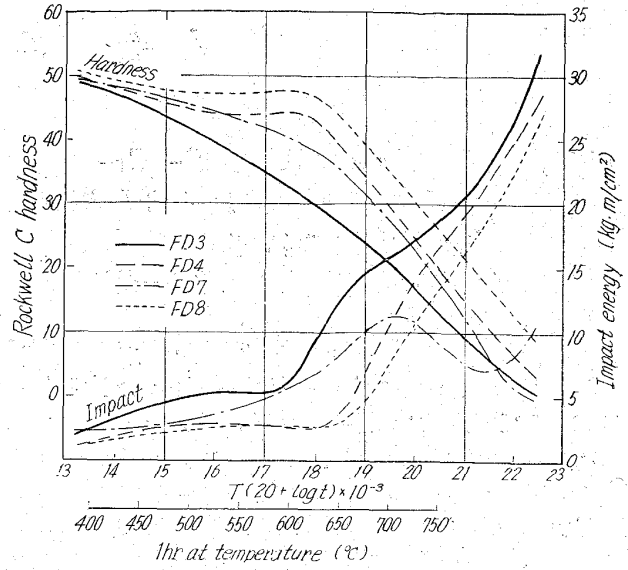


Fig. 4. Master tempering hardness and impact energy curves for FD3, FD4, FD7 and FD8 steels.

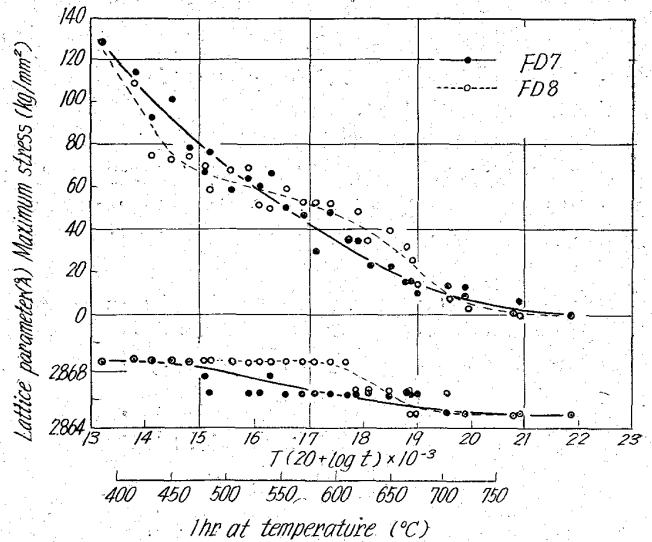


Fig. 5. Maximum internal stress and lattice parameter of ferrite matrix obtained from X-ray diffraction for FD7 and FD8 steels.

つぎに衝撃値曲線を見ると、各鋼とも焼戻脆性を示しているが、中でも V を含有しない FD3 と FD7 において脆化現象が明瞭にあらわれている。Ni を含まない FD3, FD4, FD8 の焼戻脆性は、それぞれ $P = 17, 18, 18.5$ のごとく比較的近い値のところで生じているが、0.3% Ni を含有する FD7 の脆性は $P = 21$ 付近にあり、先の 3 鋼種よりかなりパラメータ値の大きい側にあらわれている。このように、本供試鋼のごとく比較的 low alloy の成分領域の鋼にあつては、0.3% 程度の Ni 添加は焼戻脆性現象の発生をおくらせることがわかつた。

3.2 内部応力

前報⁴⁾に述べた X 線回折法により求めた FD7, FD8 のフェライト基地の最大内部応力と格子常数を Fig. 5 に示す。FD7 の最大内部応力は P とともに 130 kg/cm^2

Table 2. Tempering parameter ranges in which two kinds of carbides were detected.

Steel	FD 3	FD 4	FD 7	FD 8
Carbide				
M ₃ C	13.1~ 22.4	13.1~ 22.4	13.1~ 22.4	13.1~ 22.4
M ₂₃ C ₆	—	—	19.4~ 22.4	20.0~ 22.4

mm² から 0 まで単調に減少するが、FD8 では 4 段階の変化をしながら減少している。このように応力は硬度と大体類似した変化を示す。また格子常数は、FD7, FD8 両者とも先の応力曲線に追従したような変化をしながら減少している。

3.3 炭化物反応

焼戻時効した試料からの電解抽出炭化物の X 線分析ならびにカーボンレプリカ上に抽出した炭化物の電子顕微鏡による形状観察と電子回折によつて得た同定結果を Table 2 に示す。これからわかるように、Mo を含有しない FD3, FD4 では M₃C のみ存在するが、Mo を 0.3% 含んだ FD7, FD8 では M₃C のほかに、P の大きいところにおいて M₂₃C₆ が存在する。

また各試料からの電解抽出残渣中の相対的な炭化物量を、M₃C の (210) と M₂₃C₆ の (422) 回折線の高さで表示し、これを焼戻パラメータ P に対してプロットしてみた。その結果、FD3, FD4 では M₃C は P=16 までは若干増加し、この点を越すと急激に増大するが、全般的に V を含有する FD4 の方が炭化物量は少ない。FD7, FD8 においては、M₃C は P=16 をこすと急に増加するが、P=20.5 付近で最大量を示し、この点をすぎると急速に減少する。M₂₃C₆ は、FD7 では P=17.4, FD8 では P=20 で検出され、P が大きくなるとともに急激に増加する。この場合も V を含有する FD8 中の M₃C, M₂₃C₆ の量は、全般的に FD7 よりも少ない。さらに、カーボン抽出レプリカ上の炭化物を電子顕微鏡により観察した結果によると、V 含有の FD4, FD8 は、V を含まない FD3, FD7 よりも、炭化物の成長と凝集がおくることが確認された。以上の結果から、本供試鋼のごとき成分範囲の鋼においては、0.3% 程度の V は炭化物反応を遅滞せしめることが判明した。

4. 結 言

鍛造用型鋼 FD3, FD4, FD7, FD8 を 400~700°C において 0.35~1000 hr の焼戻時効させたときに生ずる現象をまとめるとつぎのようになる。

(1) V を含まない FD3, FD7 の硬度は、焼戻パラメータ P とともに単調に減少するが、0.3% V 含有の FD4, FD8 は P=18 付近に比較的明瞭な 2 次硬化現象を示す。

(2) Ni を含まない FD3, FD4, FD8 の焼戻脆性は P=17~18.5 に発生するが、0.3% Ni 含有の FD7 では P=21 付近にあらわれる。したがって Ni は焼戻脆性現象をおくらせることがわかる。

(3) 最大内部応力は、P の増加にしたがつて、FD7 では単調に、FD8 ではやや階段的に、130 kg/mm² から 0 まで減少する。

(4) Mo を含まない FD3, FD4 では V の全域で M₃C のみが存在し、0.3% Mo 含有の FD7, FD8 では M₃C のほかに、P の大なる側で M₂₃C₆ が存在する。また V 含有の FD4, FD8 の炭化物反応は、V を含まない FD3, FD7 よりおくれる。

文 献

- 1) 西村, 新山: 鉄と鋼, 49 (1963), p. 1537
- 2) 西村, 新山: 鉄と鋼, 49 (1963), p. 1539
- 3) 西村, 新山: 鉄と鋼, 50 (1964), p. 668
- 4) 西村, 新山: 鉄と鋼, 50 (1964), p. 1939

(155) 1Cr-1Mo-1/4V 鋼のクリープ破断強度におよぼす焼入冷却速度および二段オーステナイト化処理の影響

日立製作所, 日立研究所 ○ 佐々木 良一
The Effect of Cooling Rate from the Quenching Temperature and Two Step Austenizing Treatment on the Creep Rupture Strength of 1Cr-1Mo-1/4V Steel.

Ryoichi SASAKI.

1. 緒 言

1Cr-1Mo-1/4V 鋼は蒸気タービンロータシャフト材として広く使用されており、この材料のクリープ破断強度に関する研究も多数報告^{1)~5)}されている。当所においては先に本鋼のクリープ破断特性におよぼす焼入温度と焼戻温度の影響を明かにした⁶⁾。大型ロータ材では、焼入時の冷却速度は部分により異なり、焼割れ防止のため、焼入時に室温まで冷却しないで、焼入を終止し、焼戻されるのが普通であるので、本報ではクリープ破断特性におよぼす焼入冷却速度と終止温度の影響を求めた。なお二段オーステナイト化処理の影響についても検討した。

2. 試料および実験

試料としては大型タービンロータシャフト素材胴部中央外周部から、約 100mm×40mm×150mm の試験片素材を多数採取し、これを実験目的に沿つて再熱処理して、室温の機械的性質および 550°C でのクリープ破断試験に供した。Table 1 は試料の組成を示す。

焼入冷却速度および終止温度の影響を求めため、試番 1 を用い、Table 2 の熱処理を行なつた。焼入温度は 955°C 一定として焼入冷却速度を 4 段階に変え、さらに 1240°C/hr と 110°C/hr 冷却のものについては、焼入時の冷却を 200°C, 300°C で終止し、その温度で 20 hr 保持して充分変態を終了させた後、室温まで冷却することなく直ちに 660°C で 60 hr の焼戻を行なつた。二段オーステナイト化の影響を求めため、試番 2 を用い、オーステナイト化温度を 955°C, 1000°C, 1050°C の 3 段階とし、それぞれ 955°C まで炉冷し、955°C で 2 hr 保持してから約 4000°C/hr で室温まで冷却し、660°C で 60 hr 焼戻した。