

Fig. 2. Hot hardness curves for TH-1, TH-2 and SNCM-23.

1, TH 2 は焼戻硬度の項に記したように高温焼戻で高硬度, 高抗張力であり, また硬度と延性, 靱性のバランスも他鋼種に比して遜色なく, 例えば TH 1 は 200°C 焼戻で硬度 HRC 40, 抗張力 137 kg/mm<sup>2</sup>, 伸び 12%, 絞り 50%, 衝撃値 9 kg-m/cm<sup>2</sup> である。

また, 同様にして 2 次焼入後, 180°C で焼戻したものを, 100~400°C の各温度で高温衝撃試験を行なった。300~400°C で TH 2 は高硬度にもかかわらず, SCM 22, SNCM 23, 25 と同等の衝撃値を示し, また TH 1 も衝撃値約 6 kg-m/cm<sup>2</sup> で良い靱性を示す。

6. その他

フレーキングテスト, 結晶粒成長特性などについても検討した。

IV. 結 言

Mo 5% および 2% の耐熱肌焼鋼を試作して, SNCM 23, 25, SCM 22 などと比較試験を行なった。Mo の高い TH 1, TH 2 は焼戻抵抗がいちじるしく大であり, また焼入性も大きく, 機械的性質も良好であるので, 高速回転によつて温度上昇を生ずるようなシャフト材, または軸受材として, 好適のものであることが明らかとなった。

(147) 高炭素 Cr-Mo-V 鋼の焼入性におよぼす合金元素の影響

日本製鋼所室蘭製作所研究所

P.5932595 柴崎鶴雄  
Effect of Alloying Elements on Hardenability of High-Carbon Cr-Mo-V Steel.

Turuo SHIBASAKI.

I. 結 言

冷間圧延用ロールなどに用いられる高炭素 Cr-Mo-V 鋼は, 焼入後に適量の炭化物を残留せしめるような熱処理が施される。したがって, C をはじめとする炭化物形成元素の含有量と焼入温度の変化によつて, 焼入性状がいちじるしく変化することが知られている。しかしながら合金元素の比較的小範囲における変動の効果, とくにその組合せ効果は, 実際作業において重要な問題である。本実験はこの点に着目して, 実用の高炭素 Cr-Mo-V 鋼における, C, Cr および Mo の比較的小範囲の変動の影響について, その組合せ効果をも含めて明らかに

することを目的として行なつたものである。

III. 実験方法

焼入性状におよぼす合金元素の変動効果のうち, とくにその組合せ効果を明確に把握するために, 供試鋼の化学組成を簡単な直交表を用いて決定した。すなわち C は 0.8% および 0.9%, Cr は 1.9% および 2.3%, Mo は 0.25% および 0.35% の各 2 水準を選び Table 1 に示すとき 8 種の供試鋼を溶製した。小型高周波炉で作つた鋼塊を鍛造, 球状化焼鈍後, ジョミニー焼入性試験片と 10mm φ × 10mm の硬度測定用試験片を採取した。

Table 1. Chemical composition (%) of steels investigated.

Steels	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	V
C	0.83	0.33	0.34	0.021	0.017	1.92	0.26	0.14
D	0.79	0.28	0.34	0.024	0.025	1.80	0.33	0.12
E	0.80	0.28	0.30	0.022	0.023	2.27	0.25	0.14
M	0.80	0.32	0.32	0.021	0.025	2.15	0.32	0.14
H	0.93	0.32	0.32	0.016	0.017	1.86	0.26	0.13
N	0.93	0.31	0.30	0.020	0.018	1.88	0.34	0.14
T	0.90	0.30	0.30	0.017	0.019	2.36	0.23	0.14
S	0.90	0.30	0.30	0.019	0.017	2.25	0.33	0.13

各供試鋼について, 850°C および 880°C に 1 h オーステナイト化した場合の焼入性を比較した。ジョミニー試験で焼入性を定量的に表示するには種々の方法があるが, 本実験の場合には実用硬度を対称として, HRC 58 の硬度の得られる深さで表示した。また, ジョミニー試験片と同様のオーステナイト化処理を施した硬度測定用試験片を, 油冷後焼入硬度を測定し比較した。さらに同じ温度に加熱した鉛浴中に, 500°C に予熱した試片をそれぞれ 2, 5, 10, 15, 30mn および 1 h 浸漬後油冷したものの硬度を測定して, 前述の焼入硬度と比較することによつて炭化物の固溶速度を調べた。

III. 実験結果

Table 2 に実験結果を総括して示す。なお, 急速加熱の場合の硬度測定値は, 徐加熱の場合の焼入硬度に対する % として別に示した。

Table 2 から判ることく, 小範囲の成分変化にもかかわらず各特性値には相当な変動がみられる。各特性値に対する合金元素の変化の影響をつぎに示す。

1) 焼入性

焼入性におよぼす成化変化の影響は複雑である。すなわち C と Cr, C と Mo の間には大きな交互作用があり, 組合せ効果として焼入性に影響をおよぼす。Fig. 1 にこれら元素の組合せ効果をも 880°C の場合について示す。Cr および Mo は, 一般に鋼の焼入性

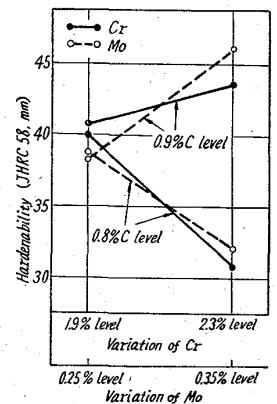


Fig. 1. Effect of variation of C, Cr and Mo on hardenability. (Austenitizing temperature: 880°C)

Table 2. Results of experiment.

Austenitizing temperature	Steel	Heating conditions	Rapid heat in Pb-bath						Slow heat	Hardenability (mm)	
			Holding time	2mm	5mm	10mm	15mm	30mm		60mm	60mm
850°C	C	HRC* ** R/S × 100%	52.4 84.2	55.2 88.7	57.4 92.3	58.2 93.6	60.6 97.4	61.5 98.9	62.2	16.5	26.0
	D	HRC R/S × 100%	51.9 84.0	54.9 88.8	57.6 93.2	58.0 93.9	60.2 97.4	61.2 99.0	61.8	15.0	23.5
	E	HRC R/S × 100%	51.2 83.5	53.3 86.9	55.6 90.7	56.2 91.7	58.9 96.1	59.4 96.9	61.3	13.0	23.5
	M	HRC R/S × 100%	48.9 80.8	52.6 86.9	54.9 90.7	56.0 92.6	58.1 96.0	59.3 98.0	60.5	10.0	21.0
	H	HRC R/S × 100%	54.5 86.2	57.2 90.5	59.3 93.8	60.3 95.4	62.3 98.6	63.1 99.8	63.2	14.0	21.5
	N	HRC R/S × 100%	54.0 85.6	56.5 89.5	58.8 93.2	59.4 94.1	61.8 97.9	62.3 98.7	63.1	20.0	27.5
	T	HRC R/S × 100%	53.2 85.8	55.7 89.8	57.5 92.7	58.0 93.5	60.1 96.9	61.5 99.2	62.0	13.0	21.0
	S	HRC R/S × 100%	51.3 82.6	54.6 87.9	56.3 90.7	57.1 91.9	59.8 96.3	61.0 98.2	62.1	17.5	26.5
880°C	C	HRC R/S × 100%	56.9 87.5	59.8 92.0	61.9 95.2	62.4 96.0	63.8 98.2	64.0 98.5	65.0	43.0	
	D	HRC R/S × 100%	56.7 88.0	58.9 91.5	61.1 94.9	62.1 96.4	62.7 97.4	63.2 98.1	64.4	37.0	
	E	HRC R/S × 100%	54.6 84.4	57.6 89.0	59.5 92.0	60.9 94.1	61.9 95.7	62.6 96.8	64.7	34.5	
	M	HRC R/S × 100%	53.0 82.6	55.6 86.6	58.5 91.1	59.1 92.1	60.3 93.9	61.8 96.3	64.2	27.0	
	H	HRC R/S × 100%	58.2 90.1	61.1 94.6	62.3 96.4	63.2 97.8	64.3 99.5	64.9 100.5	64.6	36.5	
	N	HRC R/S × 100%	58.0 89.0	60.8 94.0	63.1 97.5	63.6 98.3	64.5 99.7	64.6 99.8	64.7	45.0	
	T	HRC R/S × 100%	57.2 88.8	59.6 92.5	60.7 94.3	62.0 96.3	63.1 98.0	64.2 99.7	64.4	40.0	
	S	HRC R/S × 100%	56.0 87.1	59.3 92.2	61.2 95.2	61.8 96.1	62.7 97.5	63.6 98.9	64.3	47.0	

\* Oil-quenched hardness. \*\* (Rapid heating hardness)/(slow heating hardness.)

を増すと考えられており、0.9% C レベルの場合にはかような傾向が明らかに認められるが、0.8% C レベルの場合には逆に Cr, Mo が増加すると焼入性が悪くなるという興味ある結果が得られた。

Cr, Mo が増加すると炭化物中のこれらの合金濃度も増加し、また特殊炭化物を作ることあり得る。このような炭化物中の合金濃度の増加が、一方では炭化物がオーステナイト中へ固溶した場合のオーステナイトの合金濃度を増加せしめ、他方オーステナイト化の際の炭化物の安定化傾向を増すというたがいに相反する性質を与え

るために、前述のごとき興味ある組合せ効果を示すものと考えられる。

## 2) 焼入硬度

焼入硬度は 880°C 加熱の場合には、実際の範囲内ではほとんど変動がなかつた。オーステナイト化温度を 850°C に下げると成分変化に対する焼入硬度の変動が明瞭に認められる。Fig. 2 に 850°C 焼入硬度におよぼす成分変化の影響を示す。C は焼入硬度を増し、Cr は焼入硬度を低下せしめる。Mo は 0.8% C レベルの場合にのみ焼入硬度に影響し低下せしめるようである。焼入硬

669.14.08.49:669.15.26  
 > 28' 292-194/62/165-233  
 : 539.434:621.285.31

度はほとんどマルテンサイト中の炭素濃度のみ影響されるので、当然このような結果が得られるのである。880°C 加熱の際にはほとんど焼入硬度に変動が認められなかつたのは、すべての供試鋼のマルテンサイト中の炭素濃度が、マルテンサイト硬度に対する飽和値に達しているためと考えられる。

3) 炭化物の固溶速度  
 急速短時間加熱した後油冷した試料は、加熱時間の増加に伴って炭化物が固溶するために、その焼入硬度も漸次上昇することが Table 2 から判る。しかしそれぞれの鋼の間には炭化物の固溶速度に差があるので、この硬度増加の傾向も異なっている。この現象に対する成分変化の影響は、前項の焼入硬度に対する場合とほぼ同様に、C は炭化物の固溶を容易にし、硬度増加を早めるが、Cr, Mo は相乗的に炭化物を安定化し、硬度増加を遅らせる。

IV. 結 言

高炭素 Cr-Mo-V 鋼における C, Cr, Mo の比較的小範囲の変化が、焼入性状にいかなる影響をおよぼすかを、直交表によつて定めた 8 種の供試鋼によつて調べた。その結果それぞれの成化変化の影響はつぎのごとく認められた。

- 1) C は炭化物の固溶を促進するために焼入硬度を高める。焼入性に対しては Cr, Mo との組合せ効果があり、Cr, Mo の高い場合にのみ焼入性を向上せしめる。
- 2) Cr は炭化物を安定化するので焼入硬度を低くする。焼入性に対しては C との組合せ効果が大きく、低炭素レベルでは焼入性を減じ、高炭素レベルは焼入性を増すという興味深い効果を見出した。
- 3) Mo は Cr とほぼ同様の効果を示すが、焼入硬度に対しては鈍感で、焼入性に対しては敏感である。

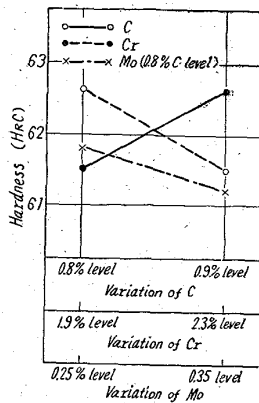


Fig. 2. Effect of variation of C, Cr and Mo on as-quenched hardness. (Austenitizing temperature: 850°C)

(148) 蒸気タービン軸用 Cr-Mo-V 鋼のクリープ破断強度におよぼすオーステナイト化温度および冷却速度の影響

(蒸気タービン軸用 Cr-Mo-V 鋼の高温強度に関する研究-II) P.595~596

日本製鋼所室蘭製作所研究所

熊田 有宏・〇本間 亮介

工博 渡辺 十郎

Effect of Austenitizing Temperature and Cooling Rate on Creep-Rupture Strength of a Cr-Mo-V Steel for Steam Turbine Shafts.

(Studies on the high-temperature strength of a Cr-Mo-V steel for steam turbine shafts— I)

No. 62/48

Yūko KUMADA, Ryōsuke HOMMA and Dr. Jūrō WATANABE.

I. 緒 言

前報<sup>1)</sup>において、Cr-Mo-V 鋼大型タービン軸車は、同一製造方案で製作され、室温における諸機械的性質も所定の規格に合格しているにもかかわらず、そのクリープ破断性質にはかなりのばらつきが存在すること、およびこのばらつきの原因を確かめるために焼戻温度のクリープ破断強度におよぼす影響について実験を行ない、焼戻温度の差異はこのばらつきの要因の一つとして挙げ得ることを報告した。本報においてはクリープ破断強度におよぼすオーステナイト化温度および冷却速度の影響について行なつた実験結果についてのべる。

II. 材料および試験方法

実験に供した材料は、前報と同じで C 0.33%, Cr 0.93%, Mo 1.11% および V 0.28% を含む Cr-Mo-V 鋼である。

熱処理は、まずオーステナイト化温度の影響をみるために、950°C, 1000°C および 1050°C でそれぞれ 2h 保持した後 100°C/h の冷却速度で炉冷した。つぎにオーステナイト化温度からの冷却速度の影響をみるために、950°C で 2h の保持後油冷した。この場合 500°C 付近での冷却速度は約 200°C/mn である。これらの試料について 675°C, 3h の焼戻を行なつた。焼戻後の組織は、炉冷したものでは若干の初析フェライトの混在した焼戻ベイナイト、油冷したものは焼戻ベイナイトである。

試験は平滑および切欠試験片によるクリープ破断試験、引張試験、および参考までに行なつた V-notch Charpy 試験片による衝撃破面遷移温度測定から成る。

クリープ破断試験片は、平滑試験片として直径 6mm, 標点距離 50mm, 切欠試験片として切欠底の直径 6mm, 切欠の角度 60°, 先端半径 0.17mm のものを用いた。試験温度は前報と同じく 510°C, 538°C, 565°C および 593°C の 4 温度で、試験結果は Larson Miller の master rupture curve によつて整理した。

引張試験は平行部直径 9.9mm, 標点距離 35mm の