高速度鋼に於ける各種元素の影響 (第 2 報)

菊田 多利男* 小柴 定雄*

Tario Kikuta and Sadao Kosiba : The Effect of Various Elements on High Speed Steel. (2nd Report). In the first report in the same title, we had already made clear of the effect of each alloying element, such as C, Cr, W, V and Mo, on high speed steels containing 0~5 % Co. In the present investigation, we have repeated the similar study of high speed steels containing 10 and 15 % Co, changing the content of each element above mentioned. We have researched change in hardness of steel caused by the different heat treatment, and conducting actually a series of cutting tests, we have ascertained the effect of each element, and have determined the proper compositions for the high cobalt high speed steels of these classes. The results obtained from the present study are as follows :—(1) The highest durability is obtained when carbon contents are 0.9~1.0 % for the steel containing 10 % Co; and about 0.6 % for that containing 15 % Co. (2) Cr contents in 3~4 % are most appropriate for the steel either 10 or 15 % Co content. (3) Almost the same durability is given within the range of 12~20 % W contents for the steel containing 10 % Co, and of 12~22 % W contents for that containing 15 % Co. (4) The contents of 1.5~1.8 % V are most appropriate for the steel either containing 10 or 15 % Co. (5) Mo contents up to 2.5 % do not give any appreciable influence on durability of the high speed steel.

(Received April 12, 1943)

I. 緒 言

普通高速度鋼に Co 10~15% を含有せしむるときは加工困難な材料例へば高抗張力構成材、冷剛鑄鐵、不銹鋼及び高 Mn 鋼等の切削加工が可能となり、その組成及び熱処理は殊に重要である。著者の一人はさきに Co 含有量異なる 5 種類の高速度鋼に就いて種々の熱処理による硬度の變化を測定し、且つ實地切削試験を行ひ Co 高速度鋼の熱処理の重要性並にその耐久力の大なることを確めた⁽¹⁾⁽²⁾。

從來 Co 高速度鋼として Co の含有量は約 16% まで添加してゐるが、孰れも他の元素量は略々一定で單に Co 含有量によつてのみその品位を定めてゐるに過ぎないのである。かゝる高 Co 含有高速度鋼に於ける各元素の影響に就いては殆どその研究の發表を見ない。それ故著者等は第 1 報⁽³⁾に述べたと同様の理由により Co 10 及び 15% を含む 2 種の高速度鋼に就いて前述と同様 C, Cr, W, V 及び Mo の各元素の影響を詳細に研究し、高 Co 含有高速度鋼に於ける各元素量の適當な範圍を明らかにした。尙實驗方法その他は第 1 報に述べたと全く同様である。

II. 炭 素 の 影 響

前述と同様 Cr 4, W 20, V 2, Mo 1% の Co 10 及び

15% を含む 2 種の高速度鋼に對する C の影響を見るため第 1 表に示す如き試料を調製した。

第 1 表

試料	C	Cr	W	Mo	V	Co
SA 1	0.31	4.15	19.57	1.08	1.58	10.58
2	0.53	3.93	18.41	0.99	1.68	10.19
3	0.60	4.15	18.75	1.16	1.75	10.37
4	0.84	4.00	17.99	1.26	1.75	10.87
5	1.02	4.05	18.81	1.11	1.73	10.58
TA 1	0.40	3.96	19.31	1.15	1.85	14.77
2	0.48	4.13	19.84	1.05	1.88	14.14
3	0.62	4.21	20.91	1.05	1.85	13.81
4	0.90	4.16	19.18	1.10	1.88	13.67
5	1.09	4.06	18.94	1.03	1.75	14.95

(1) 熱処理による硬度の變化

(イ) 焼入温度と硬度 1250°, 1290° 及び 1330° の 3 種の焼入温度に於ける C 量と硬度との關係を第 1, 2 圖に示す。Co 10% の場合は C 0.53% 以上は急激に焼入硬

第 1 圖 Co 10% を含む高速度鋼の C 量-焼入温度-硬度曲線

第 2 圖 Co 15% を含む高速度鋼の C 量-焼入温度-硬度曲線

* 日立製作所安來工場

(1) 小柴, 本誌, 5 (1941), 295.

(2) 小柴, 本誌, 5 (1941), 351.

(3) 菊田, 小柴, 本誌, 7 (1943), 354.

度を増大する。而して焼入温度を上昇する程各 C 量共硬度を減少し、且つその最高硬度を示す C 量は概ね低い方に移動する。これは焼入温度を上昇する程前述の如く大洲田中に溶解する複炭化物を増し、その大洲田を安定ならしめ、且つその残留大洲田の量を増す爲である。又焼入温度を上昇する程焼入硬度の最高を示す C 量を低い方に移動するは焼入によつて生ずる麻留田が低 C の場合の方多いからである。Co 15% の場合も同様焼入温度を上昇する程各 C 量共焼入硬度を減少する。又各焼入温度共 C 量は約 0.6% 附近で最高を現し、それ以上は減少する。この理由も前述の通りである。尙前述の第 1 報に於ける C 量と焼入硬度との関係と關聯して Co 含有量を増す程焼入硬度の最高を示す C 量は概ね低い方に移動することが判る。換言すれば Co 含有量を増す程より低 C 量に於ても充分焼きが入るのである。この理由は Co 含有量を増す程大洲田に溶解する複炭化物の量を増大し、低 C 量に於てもその大洲田は比較的安定な爲である。

(ロ) 焼戻温度と硬度 1290° より焼入した試料の焼戻温度と硬度との関係を第 3, 4 圖に示す。Co 10% の場合

第 3 圖 C 量異なる焼入高速度鋼の焼戻温度と硬度との関係 (焼入温度 1290°)

第 4 圖 C 量異なる焼入高速度鋼の焼戻温度と硬度との関係 (焼入温度 1290°)

Co 0.4~0.5% のときは焼戻による硬度は稍々低いが約 600° 附近で最高硬度を現す。Co 0.6% 以上は C 量を増す程焼戻による最高硬度を増し、その温度も殆ど變りない。尙焼戻硬化度は兩者共 C 約 0.5% 以上増加する程増大する。この理由も亦前述の通りである。

次に焼入温度の焼戻硬度に及ぼす影響の一例として

SA 4 及び TA 4 試料に就いての結果を第 5, 6 圖に示す。兩者共焼戻による最高硬度は焼入温度によつて餘り大差ない。

然し焼入温度を上昇する程前述の如く焼入硬度は減少するので、従つて焼戻硬化度は焼入温度を上昇する程大なることが首肯出来る。

(ハ) 焼戻時間の影響

1310° より焼入し 600° に於ける焼戻時間と硬度との関係を調べた。その結果は第 7, 8 圖に示す。Co 10% の場合は焼戻時間の増加と共に漸次硬度を増加し、C 約 0.5~0.6% の時は約 3 時間で最高を現し、それ以上は減少する。C

第 5 圖 SA 4 試料の焼入温度-焼戻温度-硬度曲線

第 6 圖 TA 4 試料の焼入温度-焼戻温度-硬度曲線

第 7 圖 C 量異なる焼入高速度鋼の焼戻時間と硬度との関係 (焼入温度 1310°)

第 8 圖 C 量異なる焼入高速度鋼の焼戻時間と硬度との関係 (焼入温度 1310°)

約 0.8% 以上は初め時間と共に急激に硬度を増加し 1~2 時間 (C 量を増加する程最高硬度を現す時間は長くなる) で最高硬度に達する。尙これらの曲線圖より明らかに C 量約 0.5% 以上は焼戻軟化の抵抗大で且つ前述の如く焼戻硬化度を増すことが判る。Co 15% の場合 C 約 0.5% 以下の時は時間と共に漸次硬度を増加するも、約 0.6% 以上は孰れも 1~2 時間で最高を示し、それ以上は

徐々に減少する。この場合も C 約 0.6% 以上は C 量を増す程焼戻軟化の抵抗大である。

(2) 切削耐久力に及ぼす炭素の影響

バイトは 1310° より焼入し、適當溫度に 2 回及び 3 回焼戻し切削試験を行つた。その熱処理及び硬度を第 2 表

第 2 表

試料	焼入 硬度	焼戻 溫度	焼戻 硬 度		再び 600° (a) 及び 610° (b) に 焼 戻
			(1)	(2)	
SA 1	32.9	700	46.8	46.8	—
2	61.5	550	62.4	62.3	61.0
3	63.8	„	65.0	65.0	63.8
4	65.0	575	67.1	67.2	66.9
5	61.1	„	67.6	68.0	68.2
TA 1	56.0	600	62.9	64.7	65.3
2	58.8	„	63.0	64.5	65.2
3	60.0	575	65.0	65.5	66.0
4	62.7	„	65.5	66.4	67.0
5	56.5	„	67.1	68.4	68.3

(a) SA 試料 (b) TA 試料

に、切削試験の結果を第 9, 10 圖に示す。Co 10% の場合は硬度は前述と同様 C 約 0.6% までは急激に増大し、それ以上は稍々緩慢となる。耐久力は Co 0 及び 5% の時と同様 C 量を増す程急激に増大し、約 1% で最高を示す。尙 C 1.0~2.0% に就いても研究を行つたが、これは他の

量は普通高速度鋼に含まれる C 量より寧ろ低い方に移動する。寫眞 1, 2, 3 及び 4 は Co 10% の場合の C 0.31,

第 9 圖 Co 10% を含む高速度鋼の C 量と硬度及び切削耐久力

第 10 圖 Co 15% を含む高速度鋼の C 量と硬度及び切削耐久力

0.53, 0.84 及び 1.02% のバイトの組織を示したもので、C 0.31% の場合は地は前述と同様 α -鐵で微細な Fe_2W 或は複炭化物を析出した状態を現し、硬度は低いのである。又 C 0.53% 以上は C 量を増す程複炭化物の量を増し、硬度を増大するのである。寫眞 5, 6, 7 及び 8 は Co 15% の場合の C 0.40, 0.62, 0.90 及び 1.09% のバイトの組織を示す。C 0.40% の場合には

寫眞 1 SA 1 C 0.31%
焼入焼戻 $\times 500$

寫眞 2 SA 2 C 0.53%
焼入焼戻 $\times 500$

寫眞 3 SA 4 C 0.84%
焼入焼戻 $\times 500$

寫眞 4 SA 5 C 1.02%
焼入焼戻 $\times 500$

寫眞 5 TA 1 C 0.40%
焼入焼戻 $\times 500$

寫眞 6 TA 3 C 0.62%
焼入焼戻 $\times 500$

寫眞 7 TA 4 C 0.90%
焼入焼戻 $\times 500$

寫眞 8 TA 5 C 1.09%
焼入焼戻 $\times 500$

機會に讓る。Co 15% の場合も C 量を増す程硬度は増大するが、耐久力は C 約 0.6% で最高を示しそれ以上は却つて減少する。即ち Co 約 15% 附近に於ては適當なる C

焼入した状態で大部分複炭化物を過飽和に溶解した麻留田の組織と見られ、これが焼戻によつて複炭化物を析出したものである。而して白色粒子の結晶は極めて微細で

ある。C 0.6% 以上は前述と同様 C 量を増す程複炭化物の量を増し硬度を増大するのである。

III. クロムの影響

C, W, V, Mo 量略々一定の Co 10 及び 15% の 2 種の高速度鋼に対する Cr 2~6% の影響を見るため第 3 表に示す如き試料を調製した。

第 3 表

試料	C	Cr	W	Mo	V	Co
SB1	0.80	2.36	16.72	1.16	1.83	11.04
2	0.82	3.24	19.41	1.05	1.70	10.68
3	0.87	4.17	18.48	1.12	1.75	11.10
4	0.79	5.51	18.55	1.02	1.73	10.49
5	0.83	6.16	19.21	1.01	1.75	10.65
TB1	0.83	2.41	18.84	1.20	2.00	15.70
2	0.88	3.24	19.74	1.27	1.85	15.29
3	0.85	4.10	19.57	1.29	1.72	16.04
4	0.86	5.28	19.55	1.10	1.90	15.15
5	0.90	6.04	19.40	1.26	1.75	15.50

(1) 熱処理による硬度の變化

(イ) 焼入温度と硬度 前述と同様 3 種の焼入温度と Cr 量及び硬度との関係を第 11, 12 圖に示す。Co 10 及び 15% 兩者共 Cr 量を増す程焼入硬度を減少し、殊に 5% 以上は著しい。この理由も前述の通りである。

第 11 圖 Co 10% を含む高速度鋼の Cr 量-焼入温度-硬度曲線

第 12 圖 Co 15% を含む高速度鋼の Cr 量-焼入温度-硬度曲線

第 13 圖 Cr 量異なる焼入高速度鋼の焼入温度と硬度との関係 (焼入温度 1290°)

第 14 圖 Cr 量異なる焼入高速度鋼の焼入温度と硬度との関係 (焼入温度 1290°)

第 15 圖 SB1 試料の焼入温度-焼戻温度-硬度曲線

第 16 圖 TB1 試料の焼入温度-焼戻温度-硬度曲線

(ロ) 焼戻温度と硬度 1290°より焼入した試料の焼戻温度と硬度との関係を第 13, 14 圖に示す。兩者共 Cr 含

有量を増加する程焼戻による最高硬度を減少し、且つその最高硬度を現す温度は稍々高い方に移動する。又焼戻硬化度も亦 Cr 量を増加する程増大する。これらの理由に就いては前に述べた通りである。

次に焼入温度の焼戻硬度に及ぼす影響の一例として Cr 約 2% の SB1 及び TB1 試料に就いての結果を第 15, 16 圖に示す。兩者共焼戻による最高硬度は焼入温度 1290°の時最も高く、而してその温度は殆ど變りない。即ち餘り焼入温度を上昇すると大洲田結晶粒を發達せしめ、焼入硬度を減少し、焼戻硬化度は大なるもその焼戻による最高硬度は却つて多少減少するのである。

(ハ) 焼戻時間の影響 1310°より焼入した試料の 600°に於ける焼戻時間と硬度との関係を第 17, 18 圖に示す。Co 10% の場合は Cr 約 4% 附近までは最初 1 時間で、4% 以上は約 3 時間で最高硬度に達し、その最高硬度は Cr 量少き程概ね高い。又 Co 15% の場合には Cr 約 3% までは初め 1 時間で 4% 以上は Cr 量を増す程漸次長時間の方に移動する。而して Cr 約 3% 以上は前述の通り Cr 量を増す程焼戻による最高硬度は低い。これらの曲線圖より明らかに焼戻軟化の抵抗は Cr 量を増す程大である。尚焼戻硬化度も Cr 量を増す程増大することがこの結果からも首肯出来る。これらの理由は前述の通りである。

(2) 切削耐久力に及ぼすクロムの影響

前述と同様各バイトの熱処理と硬度を第 4 表に、切削

試験の結果は第 19, 20 圖に示す。Co 10% の場合焼戻 2 回の時は Cr 約 4% 附近で耐久力最も高く、それ以上は減少する。3 回焼戻の場合は Cr 約 3% の時も 4% と殆

Co 15% の場合の Cr 3 及び 6% の組織を示したものである。兩者共 Cr 量を増す程炭化物の量を増大する。

第 17 圖 Cr 量異なる焼入高速度鋼の焼戻時間と硬度との関係 (焼入温度 1310°)

第 18 圖 Cr 量異なる焼入高速度鋼の焼戻時間と硬度との関係 (焼入温度 1310°)

第 19 圖 Co 10% を含む高速度鋼の Cr 量と硬度及び切削耐久力

第 20 圖 Co 15% を含む高速度鋼の Cr 量と硬度及び切削耐久力

ど変りない。5% 以上は前述と同様減少する。又 Co 15% の場合にも Cr 3~4% に於て耐久力最も高くそれ以上は減少する。上述の結果に

IV. タングステンの影響

C, Cr, V, Mo 量略々一定なる Co 10 及び 15% の高速度鋼に対する W 12~30% の影響を見るため第 5 表に示す如き試料を調製した。

第 5 表

試料	C	Cr	W	Mo	V	Co
SC 1	0.81	3.80	11.59	1.07	1.75	10.40
2	0.82	3.85	14.15	1.09	1.75	10.35
3	0.86	3.90	16.68	0.82	1.75	10.04
4	0.86	4.08	17.03	1.02	2.00	10.12
5	0.88	3.97	19.87	1.11	1.70	10.43
6	0.85	3.99	21.08	1.05	1.83	9.54
7	0.92	3.90	25.75	0.85	1.65	9.87
8	0.93	3.97	28.77	0.81	1.65	10.34
TC 1	0.83	4.13	11.20	1.04	1.89	15.38
2	0.86	4.11	14.79	1.09	1.89	15.31
3	0.83	4.18	17.26	1.15	1.86	15.24
4	0.82	4.18	18.44	1.07	1.81	15.60
5	0.89	4.13	20.74	0.99	1.86	15.38
6	0.88	4.11	21.64	1.04	1.83	14.98
7	0.92	4.10	24.14	1.07	1.83	16.34
8	0.98	3.96	28.23	1.00	1.89	15.53

第 4 表

試料	焼入温度	焼戻温度	焼戻硬度		再び 600° (a) 及び 610° (b) に焼戻
			(1)	(2)	
SB 1	66.3	550	66.8	66.9	66.5
2	66.1	575	65.8	65.7	65.3
3	62.7	"	66.0	66.3	66.0
4	61.5	"	63.8	64.8	65.0
5	56.1	"	63.9	65.2	64.8
TB 1	65.6	550	67.3	68.0	65.8
2	64.2	575	66.6	68.3	67.1
3	62.4	"	65.7	66.6	67.0
4	57.3	"	64.0	66.3	66.6
5	48.2	600	57.0	64.4	67.0

(a) SB 試料 (b) TB 試料

寫眞 9 SB 2 Cr 3.24% 焼入焼戻 ×500

寫眞 10 SB 5 Cr 6.16% 焼入焼戻 ×500

寫眞 11 TB 2 Cr 3.24% 焼入焼戻 ×500

寫眞 12 TB 5 Cr 6.04% 焼入焼戻 ×500

より高 Co 含有高速度鋼に於ては Cr 3~4% が最も適當なることが知られる。寫眞 9, 10 は Co 10% の場合の Cr 約 3 及び 6% のバイトの組織を示し、寫眞 11, 12 は

(1) 熱処理による硬度の變化

(1) 焼入温度と硬度 3 種の焼入温度に於ける W 量と硬度との関係を第 21, 22 圖に示す。Co 10% の場合は

W 約 20% 以上は僅か硬度を増加する。Co 15% の場合も略々同様 W 約 20% 以上に於ては稍々硬度を増加する。これはかゝる高 Co 含有量に於ては或る程度 W 量を増す程 W に富んだ複炭化物をより多く大洲田中に溶解し、その大洲田の發達を妨げ焼入硬度を高めるものと考えられる。

又焼戻硬化度も W 量約 20% 以上は減少する。これは前述の通り焼入によつて生ずる残留大洲田の量の少い爲と考へられる。Co 15% の場合は C 含有量の不同によつて焼入硬度も稍々不揃ひであるが、焼戻による最高硬度には殆ど大差ない。

次に焼入温度の焼戻硬度に及ぼす影響の一例として

第 21 圖 Co 10% を含む高速度鋼の W 量-焼入温度-硬度曲線

第 22 圖 Co 15% を含む高速度鋼の W 量-焼入温度-硬度曲線

第 24 圖 W 量異なる焼入高速度鋼の焼入温度と硬度との関係 (焼入温度 1290°)

第 26 圖 TC 2 試料の焼入温度-焼戻温度-硬度曲線

第 25 圖 SC 2 試料の焼入温度-焼戻温度-硬度曲線

第 27 圖 W 量異なる焼入高速度鋼の焼戻時間と硬度との関係 (焼入温度 1310°)

第 23 圖 W 量異なる焼入高速度鋼の焼入温度と硬度との関係 (焼入温度 1290°)

第 28 圖 W 量異なる焼入高速度鋼の焼戻時間と硬度との関係 (焼入温度 1310°)

SC 2 及び TC 2 試料に就いての結果を第 25, 26 圖に示す。

Co 10% の場合は焼入温度 1290° で焼戻による最高硬度を示すも Co 15% の場合は焼入温度 1250° の時最高硬度を現

(ロ) 焼戻温度と硬度 1290° より焼入した試料の焼戻温度と硬度との関係を第 23, 24 圖に示す。Co 10% の場合は焼戻による最高硬度は初め W 量を増す程稍々増加し W 約 17% 以上は餘り變りない。W 約 28% 以上は却つて減少する。これは後述の顯微鏡組織より明らかに共晶炭化物を増大し、異常組織を現す爲である。尚 W 量を増す程焼戻による最高硬度を現す温度範囲は廣くな

し、焼入温度を上昇する程減少する。而して兩者共焼入温度を上昇する程焼戻による最高硬度を現す焼戻温度は稍々高い方に移動する。又焼戻硬化度も焼入温度を上昇する程大である。これは前述の如くその残留大洲田の量多い爲である。

(ハ) 焼戻時間の影響 1310° より焼入した試料の 600° に於ける焼戻時間と硬度との関係を第 27, 28 圖に示す。

Co 10% の場合は孰れも最初 1 時間で最高硬度を現す。而して W 約 20% までは前述の如く焼戻硬化度大なるもそれ以上は W を増す程小になる。Co 15% の場合も略々同様であるが W 量を増す程最高硬度を現す焼戻時間は長時間の方に移動する。尙 W 約 20% 以上は高 W 量と共に C 量高い爲焼戻軟化の抵抗大である。

第 6 表

試料	焼入 硬度	焼戻 温度	焼戻硬度		再び 600°(a) 及び 618°(b) に焼戻
			(1)	(2)	
SC 1	64.0	575	65.0	66.1	65.3
2	63.9	"	65.8	66.4	65.5
3	63.8	"	65.6	66.2	66.0
4	64.5	"	65.4	66.0	65.8
5	64.9	"	66.4	66.2	66.1
6	65.1	"	65.7	65.9	65.9
7	66.3	"	66.7	66.8	66.3
8	65.3	550	66.3	66.3	65.7
TC 1	61.0	575	66.4	67.3	67.3
2	60.0	"	65.8	67.4	67.3
3	60.4	"	65.5	66.8	66.6
4	59.7	"	66.3	67.7	67.0
5	61.5	"	66.3	67.6	67.2
6	60.8	"	66.3	67.9	68.0
7	59.3	"	66.8	68.0	67.8
8	62.4	"	65.0	67.0	67.6

(a) SC 試料 (b) TC 試料

硬度は餘り變りないが、耐久力は W 約 12% 附近が最も高く、14~20% に於ては殆ど大差ない。20% 以上は稍々減少する。又 Co 15% の場合は W 量によつて大差

第 29 圖 Co 10% を含む高速度鋼の W 量と硬度及び切削耐久力

第 30 圖 Co 15% を含む高速度鋼の W 量と硬度及び切削耐久力

高速度鋼に於ても W 量は 15~17% でよく 20% 以上高くする必要はないことが確認される。写真 13, 14, 15 は Co 10% の場合の W 約 12, 17 及び 29% の場合のバイトの組織を示したもので、W 量低い時は稍々

写真 13 SC 1 W 11.59%
焼入焼戻 x500写真 14 SC 3 W 16.68%
焼入焼戻 x500写真 15 SC 8 W 28.79%
焼入焼戻 x500写真 16 TC 1 W 11.20%
焼入焼戻 x500 写真 17 TC 3 W 17.26%
焼入焼戻 x500写真 18 TC 6 W 21.64%
焼入焼戻 x500写真 19 TC 9 W 28.23%
焼入焼戻 x500

(2) 切削耐久力に及ぼすタングステンの影響

バイトの熱処理及び硬度を第 6 表に、切削試験の結果は第 29, 30 圖に示す。Co 10% の場合には前述と同様

粗大な針狀麻留田組織が見られ、W 量を増す程複炭化物を増加し、29% の場合は共晶炭化物を増大し異常組織を現す。写真 16, 17, 18 及び 19 は Co 15% の場合の W 約 11, 17, 22 及び 28% の場合の組織を示し、前述と同様 W 11% の場合は粗大な針狀麻留田が現れる。

又 W 量を増す程複炭化物の量を増大し W 28% に於ては殊に著しい。

V. ヴァナチウムの影響

Co 10% 以下の Co 高速度鋼に於ける高 C, 高 V の二三の研究^{(4), (5)}はあるが Co 10% 以上の高 Co 高速度鋼に於ける V の影響に就いては未だ殆どその研究の發表を見ない。

著者等は Co 10 及び 15% の 2 種の高速度鋼に及ぼす V の影響を見る爲第 7 表に示す如き試料を調製した。

第 7 表

試料	C	Cr	W	Mo	V	Co
SD1	0.78	3.92	19.91	0.72	Nil	9.16
2	0.81	4.11	19.14	0.82	0.50	8.11
3	0.83	4.08	19.45	0.86	0.85	10.04
4	0.86	4.11	18.84	0.84	1.25	9.63
5	0.88	4.04	19.30	1.06	1.75	9.62
6	0.80	4.04	19.59	1.09	2.05	10.35
7	0.81	4.11	19.11	1.05	2.65	10.46
TD1	0.80	4.13	17.98	1.01	0.05	15.13
2	0.81	4.01	19.55	1.01	0.51	15.24
3	0.83	4.27	19.17	1.05	0.92	15.42
4	0.80	3.96	19.46	0.97	1.33	15.51
5	0.84	3.90	19.59	0.98	1.99	14.40
6	0.85	3.90	19.34	0.83	2.19	14.95
7	0.91	3.96	19.62	0.93	2.81	14.97

(1) 熱処理による硬度の變化

(イ) 焼入温度と硬度 3 種の焼入温度に於ける V 量と

第 31 圖 Co 10% を含む高速度鋼の V 量-焼入温度-硬度曲線

第 32 圖 Co 15% を含む高速度鋼の V 量-焼入温度-硬度曲線

硬度との關係を第 31, 32 圖に示す。

Co 10% の場合焼入温度 1250° 及び 1290° の時は V 約 0.8%, 1330° の時は約 0.5% でそれぞれ最低硬度を示しそれより V を増すと硬度を増加する。又 Co 15% の場合もその傾向は略々類似し、各焼入温度共約 0.5% 附近

に最低硬度を示しそれ以上は V を増加するに従ひ硬度を増加する。これらの現象に就いては次の如く考へられる。即ち初め V 量を増す程焼入硬度を減少するは斯かる高 Co 高速度鋼に於ては V 量の低い時は大部分複炭化物に固溶し而もこれら複炭化物は大洲田に溶解し大洲田を安定ならしめるためである。又 V をある程度以上増す程硬度を増大するは V に富んだ比較的大洲田に溶解困難な複炭化物を形成し、これが一部大洲田の發達を妨げ焼入によつて麻留田の量を増す爲であると考へられる。

(ロ) 焼戻温度と硬度 1290° より焼入した試料の焼戻温度と硬度との關係を第 33, 34 圖に示す。Co 10% の

第 33 圖 V 量異なる焼入高速度鋼の焼戻温度と硬度との關係 (焼入温度 1290°)

第 34 圖 V 量異なる焼入高速度鋼の焼戻温度と硬度との關係 (焼入温度 1290°)

次に焼入温度の焼戻硬度に及ぼす影響の一例として V 約 1% の SD 3 及び TD 3 試料に就いての結果を第 35, 36 圖に示す。Co 10% の場合は焼入温度を上昇する程前述の如く焼入硬度を稍々著しく減少するも、焼戻による最高硬度は大差なく、従つて焼入温度を上昇する程焼戻硬度は大である。Co 15% の場合も略々同様 1290° 以上は

場合明らかに V 約 1.75% までは焼戻による最高硬度を増し、それ以上は減少する。又 Co 15% の場合も略々同様で約 2% 以上は減少する。而して兩者共 V 約 2.0~2.2% 以上は焼戻による最高硬度を現す焼戻温度を低い方に移動する。焼戻硬化度は Co 10% の場合は V 約 0.85%, Co 15% の場合は約 0.5% で最大を示しそれ以上は V 量を増す程減少する。その理由は前述の通り V 量のある程度以上増す程焼入によつて残留する大洲田の量を減少する爲である。

次に焼入温度の焼戻硬度に及ぼす影響の一例として V 約

(4) A. B. Kinzel, C. O. Burgess, Trans. Amer. Min. Met. Eng., 100 (1932), 257.

(5) W. Oertel, A. Grützner, Die Schnelldrehstäble, (1931).

焼入硬度著しく低い焼戻による最高硬度は殆ど變りない。これらの理由は前述の通りである。

(ハ) 焼戻時間の延長 1310°より焼入した試料の 600°に於ける焼戻時間と硬度との関係を第 37, 38 圖に示す。

第 35 圖 SD 3 試料の焼入温度-焼戻温度-硬度曲線

第 36 圖 TD 3 試料の焼入温度-焼戻温度-硬度曲線

第 37 圖 V 量異なる焼入高速度鋼の焼戻時間と硬度との関係 (焼入温度 1310°)

第 38 圖 V 量異なる焼入高速度鋼の焼戻時間と硬度との関係 (焼入温度 1310°)

第 39 圖 Co 10% を含む高速度鋼の V 量と硬度及び切削耐久力

第 40 圖 Co 15% を含む高速度鋼の V 量と硬度及び切削耐久力

第 8 表

試料	焼入 硬 度	焼 戻 温 度	焼 戻 硬 度		再び 600°(a) 及び 610°(b) に 焼 戻
			(1)	(2)	
SD 1	63.8	575	66.0	66.2	66.0
2	60.2	"	65.5	66.2	66.4
3	59.5	"	66.2	67.4	67.0
4	62.8	"	66.1	66.7	67.2
5	62.7	"	67.0	68.0	67.1
6	64.7	550	66.3	65.8	65.4
7	65.4	"	66.2	66.1	64.8
TD 1	58.0	575	65.3	66.2	66.2
2	59.4	"	65.9	67.0	66.8
3	59.3	"	65.5	67.1	66.9
4	61.8	"	65.7	66.7	67.1
5	62.5	"	65.8	66.6	66.9
6	64.4	550	66.4	66.8	66.0
7	63.3	"	65.7	67.0	66.3

(a) SD 試料 (b) TD 試料

Co 10% の場合には V 約 1.75% までは V 量を増す程焼戻硬度高くそれ以上はかへつて減少する。而して V 約 1.75% 以上は V 量を増すに従ひ最高硬度を現す時間を短時間の方に移動する。Co 15% の場合もその傾向は

略々同様である。尙兩者共 V 約 2% 以上は焼戻軟化の抵抗を減少する。これらの理由も亦第 1 報に述べたと同様である。

(2) 切削耐久力に及ぼすヴァナヂウムの影響

バイトの熱処理及び硬度を第 8 表に、切削試験の結果を第 39, 40 圖に示す。Co 10% の場合切削耐久力は初め V 量を増加するに従ひ急激に増加し、焼戻 2 回及び 3 回共約 1.75% で最高の耐久力を示す。それ以上は減少する。Co 15% の場合も同様 V 量の増加と共に耐久力を増し、焼戻 2 回の時は 1.3%, 3 回の時は 2.0% で最高を示す。これらの結果により高 Co 高速度鋼に於ても V はその耐久力を高める上に極めて有効なることが確認される。写真 20, 21, 22 は Co 10% の場合の V 0.5, 1.25 及び 2.65% のバイトの組織を示し、又写真 23 は Co 15% の場合の V 0.51% の組織を示したものである。V 量低い程組織は稍々粗である。

VI. モリブデンの影響

C, Cr, W, V 略々一定なる Co 10% 及び 15% の 2 種の高速度鋼に於ける Mo 0~3% の影響を見るため第 9 表に示す如き試料を調製した。

(1) 熱処理による硬度の變化

(イ) 焼入温度と硬度 3 種の焼入温度による Mo 量と

寫眞 20 SD 2 V 0.50%
焼入焼戻 ×500

寫眞 21 SD 4 V 1.25%
焼入焼戻 ×500

寫眞 22 SD 7 V 2.65%
焼入焼戻 ×500

寫眞 23 TD 1 V 0.51%
焼入焼戻 ×500

第 9 表

試料	C	Cr	W	Mo	V	Co
SE 1	0.88	4.13	17.96	Nil	1.81	9.50
2	0.87	4.08	19.67	0.63	1.65	9.65
3	0.85	4.17	19.94	1.08	1.81	9.62
4	0.90	4.26	18.31	1.40	1.83	10.17
5	0.87	4.22	18.48	1.88	1.83	9.58
6	0.89	4.42	19.59	2.48	1.85	9.91
7	0.89	4.26	17.48	2.95	1.90	10.17
TE 1	0.77	4.22	18.66	Nil	2.01	15.35
2	0.81	4.04	19.51	0.63	1.89	16.65
3	0.76	3.90	19.60	0.95	1.73	16.06
4	0.85	3.94	19.30	2.12	1.94	15.16
5	0.87	4.10	18.63	2.63	1.94	16.34

差ないが, Mo 2% 以上は稍々低い. これはその C 量稍々高い爲と考へられる.

(ロ) 焼戻温度と硬度 1290° の場合の焼戻温度と硬度との関係を第 43, 44 圖に示す. Co 10% の場合 Mo 量によつて焼戻硬度に殆ど大差なく, Mo 1.5% 以上は最高硬度を示す焼戻温度は稍々低い方に移動する. Co 15% の場合も略々同様で Mo 量によつて焼戻硬度の最高には殆ど大差ない.

次に焼入温度の焼戻硬度に及ぼす影響の一例として Mo 約

第 41 圖 Co 10% を含む高速度鋼の Mo 量-焼入温度-硬度曲線

第 42 圖 Co 15% を含む高速度鋼の Mo 量-焼入温度-硬度曲線

第 43 圖 Mo 量異なる焼入高速度鋼の焼戻温度と硬度との関係 (焼入温度 1290°)

第 44 圖 Mo 量異なる焼入高速度鋼の焼戻温度と硬度との関係 (焼入温度 1290°)

第 45 圖 SE 5 試料の焼入温度-焼戻温度-硬度曲線

第 46 圖 TE 4 試料の焼入温度-焼戻温度-硬度曲線

硬度との関係を第 41, 42 圖に示す. Co 10% の場合焼入硬度は Mo 約 1% 附近で稍々高いがそれ以上は大差ない. 又 Co 15% の場合は Mo 量によつて焼入硬度に大

2% の SE 5 及び TE 4 試料に就いての結果を第 45, 46 圖に示す. 焼入温度によつて焼戻硬度の最高には殆ど大差ない. 而してその最高硬度を示す焼戻温度は焼入温度

を上昇する程高い方に移動する。その理由も前述の通りである。

(ハ) 焼戻時間の影響 1310°より焼入した試料の 600°に於ける焼戻時間と硬度との関係を第 47, 48 圖に示す。兩者共 Mo 量によつて前述の如く焼戻硬度に大差なく、

第 47 圖 Mo 量異なる焼入高速度鋼の焼戻時間と硬度との関係 (焼入温度 1310°)

第 48 圖 Mo 量異なる焼入高速度鋼の焼戻時間と硬度との関係 (焼入温度 1310°)

且つ孰れも約 2 時間で最高硬度に達する。尚焼戻軟化に対する抵抗は Mo 量によつて大差ないことが判る。

(2) 切削耐久力に及ぼすモリブデンの影響

バイトの熱処理及び硬度を第 10 表に

第 49 圖 Co 10% を含む高速度鋼の Mo 量と硬度及び切削耐久力

第 50 圖 Co 15% を含む高速度鋼の Mo 量と硬度及び切削耐久力

2.0 及び 3.0% のバイトの組織を示し、又寫眞 27, 28 は Co 15% の場合の Mo 約 0.6 及び 2.6% の組織を示した

第 10 表

試料	焼入 硬 度	焼戻 温 度	焼戻 硬 度		再び 600°(a) 及び 610°(b) に 焼 戻
			(1)	(2)	
SE 1	62.7	575	66.9	67.5	66.4
2	62.9	„	66.7	67.7	67.0
3	63.3	„	66.2	66.2	66.9
4	62.8	„	65.7	66.3	66.8
5	62.8	„	65.0	66.0	66.1
6	63.2	„	65.2	65.3	65.4
7	63.0	„	65.2	65.2	65.3
TE 1	63.8	575	65.2	66.8	65.9
2	63.3	„	66.2	67.4	67.0
3	63.3	„	65.0	66.6	66.4
4	61.2	„	64.4	66.3	67.1
5	60.5	„	64.7	66.6	67.0

(a) SE 試料 (b) TE 試料

寫眞 24 SE 2 Mo 0.63%
焼入焼戻 ×500

寫眞 25 SE 5 Mo 1.88%
焼入焼戻 ×500

寫眞 26 SE 7 Mo 2.95%
焼入焼戻 ×500

寫眞 27 TE 2 Mo 0.63%
焼入焼戻 ×500

寫眞 28 TE 6 Mo 2.63%
焼入焼戻 ×500

切削試験の結果を第 49, 50 圖に示す。兩者共 Mo 量によつて耐久力は殆ど大差なく、Co 10% の場合は Mo 2.5% 以上は稍々減少する。これらの結果により高 Co 高速度鋼に於ても Mo は高速度鋼の耐久力に殆ど影響を與へないことが確認される。

寫眞 24, 25 及び 26 は Co 10% の場合の Mo 約 0.6,

もので Mo 量を増す程複炭化物は粗大になることが判る。

VII. 結 論

上述の研究結果を要約すると次の通りである。

(1) Co 10 及び 15% の 2 種の 20-4-2 高速度鋼に於て C, Cr, W, V 及び Mo の含有量を系統的に種々變化したる 60 數種の試料を試製した。(2) 焼入、焼戻温度及び焼戻時間による硬度の變化を詳細研究し、適當な熱處理温度を確め、且つ顯微鏡組織を觀測し、而して實地切削試験を行ひ、各元素の影響を明らかにした。(3) Co 10% の場合は前報告と同様 C 量を増す程硬度を増大し、且つ耐

久力も高く約 1.0% 附近で最高を現す。Co 15% の場合も C 量を増す程硬度は増加するが、耐久力は C 約 0.6% 附近で最高を示しそれ以上はかへつて減少する。(4) Co 10 及び 15% 兩者共耐久力は Cr 3~4% で最高を示す。それ以上は硬度も僅か減少するが、耐久力も減少する。(5) Co 10% の場合硬度は W 量によつて餘り變りないが耐久力は W 約 12% で稍々高く、14~20% に於ては殆ど變りない。21% 以上は減少する。Co 15% の場合も硬度は殆ど變りないが耐久力は W 約 22% までは餘り大差ない。この研究の結果 Co 15% の高速度鋼に於ける

W 量は約 17% 附近が適當なることが確認される。(6) Co 10 及び 15% 共 V 量を増す程初め稍々急激に耐久力を増し Co 10% の場合は V 約 1.75% で、Co 15% の場合は約 1.3~2.0% で最高を現す。V 量は高 Co 高速度鋼に於てもその耐久力を高める上に極めて有効なことが判る。(7) Mo は Co 10 及び 15% の兩者共硬度及び耐久力に殆ど大した影響を與へない。それ故前報に述べたと同様高 Co 高速度鋼に於ても省略して差支へないと考へる。

第 13 回 大 會 講 演 概 要 (V)

(73) 大洲田結晶粒度に及ぼす添加元素の影響に就いて

東北帝大教授 理博 村上 武次郎
東北帝大助教授 工 今井 勇之進
金属材料研究所 法 中 島 勇

鋼の結晶粒度並に加熱に依る結晶粒の成長及びその速度に及ぼす各種元素の影響を研究した。添加元素は Cr, Ni, Mn, Co, Si 及び W 各 2% 迄、Ti, V 及び Mo は各 1.5% 迄添加してその影響を調べた。その結果に依れば Cr は Ni と共に結晶粒を微細化するが加熱による結晶粒の生長を阻止する作用は Ni よりむしろ大きい。又その作用は Cr, Ni 共に含有量を増すに従つて大となる。Mn はその量を増すに従ひ又加熱により結晶粒を粗大化する傾向最も強く Si, Co もこれに次いで同様の傾向がある。Mo は大洲田結晶粒を微細化する作用はあるが加熱に依る粗大化防止の作用は少い。W は Cr 同様結晶粒の微細化及び粗大化防止の作用強く特に 2% 添加に於て著しい。Ti 及び V は共に微細化、粗大化防止の兩作用最も著しく Ti は 0.2% 以上、V は 0.3% 以上の添加に於ては 1000° に 8 時間加熱しても殆ど結晶粒の成長を認めない。

(74) 鐵の純度と滲炭組織

旅順工大教授 工博 福島 政治
旅順工大 工 星 子 徳 之
" " 高 倉 正 義

海綿鐵、アームコ鐵、電解鐵等各種の所謂純鐵と稱せられるものを試料に採り、これを各種の熔解法によつて純鐵試料を作り、更に標準純鐵としてこれ等のものを當研究室の水素還元真空熔解にかけて高度の純鐵として、これ等を炭化水素及び炭素によつて滲炭實驗を行ひ、その滲炭組織の相違を檢したもので、異狀及び正常組織と稱せられるものが高度真空熔解にかけた試料に於ては如何に變化するかを明らかにしたもので、更に一般軟點の生成にも言及した。

(75) 鋼の純度と熱處理組織

旅順工大教授 工博 福島 政治
旅順工大 笹 川 勝

過共析鋼、共析鋼及び亞共析鋼の 3 種の炭素鋼を、海綿及び屑鐵を原料として電氣爐によつて製造したもの、海綿鐵を當研究室水素還元真空熔解法によつて製造したもの、及びスエーデン鋼に就いて、各種の熱處理を行つた際、特にセメントタイトの球狀化を行つた際の相互の關係を實驗したもので、鋼の純度によつてこれ等の組織が如何に變化するかを説明した。

(76) 焼入線圖のブラウン管に依る研究 (第 2 報)

東北帝大教授 工博 市 原 通 敏
東北帝大工學部 工 石 原 康 正

鋼の溫度と長さとの關係、即ち焼入線圖を求めることは重要であるにも拘らず現在完全な焼入自記裝置はない。著者等は前報告で電氣的に焼入線圖を求める方法を發表した。この裝置は試片の溫度は試片の中央の小穴に挿入せる熱電對に生ずる熱起電力を直流増幅器に依り擴大しブラウン管の水平偏向板に溫度として與へる。一方伸は試片の伸を機械的に 20 倍に擴大したる後電氣的變化に變換しこれを増幅してブラウン管の縦偏向板に長さとして與へる。斯くしてブラウン管上に焼入線圖を直視することが出来る。

前報告はこの裝置にて試料として炭素鋼を用ひ炭素量の變化が焼入線圖に及ぼす影響及び試料の太さの影響を求めた。更に試片の中央と周邊部の 2 個所に熱電對を挿入し中央と周邊部の焼入線圖を同時に同一でブラウン管上に求める一方法をも示した。

本報告は前報告の裝置を用ひ炭素鋼の試片を用ひ太さは 5, 10, 20, 40 mm に炭素量はアームコ鐵より 1.3% C まで變化せしめ焼入液の條件を種々變化して焼入線圖を求めたものである。又 40 mm の太さのものについては中央部と周邊部より焼入線圖を求めその差異を論じたものである。