

## 熱間工具鋼の研究 (V)

熱間工具鋼 (DC) に及ぼすコバルトの影響に就て

小柴定雄\* 永島祐雄\*

## STUDY ON THE TOOL STEEL FOR HOT WORKING

Sadao Koshihara &amp; Sukeo Nagashima

## Synopsis:—

The authors carried out the experiment on the effect of cobalt on the tool steel for hot working by the same method as previous reports. (1), (2), (3), (4).

As the results of this investigation, it is ascertained that the cobalt gives better effect to tool steel for hot working, because the resistance for temper softening and the properties at high temperature increase highly as cobalt content increases.

## I. 緒言

先きに著者等は熱間工具鋼 (DC) に於ける C, Cr, W 及び V の各元素個々の影響に就て研究をなし (1), (2), (3), (4), 適当な組成を明らかにした。Co は元來高速度に添加せしめ硬度並びに切削耐久力を著しく高めることは著者の一人 (5), (6) によつて確められてゐる。ところで此の種熱間工具鋼に Co を添加した場合の影響に就ては未だ何等の研究の發表も見ない。それ故著者等は C 0.27, 0.35 及び 0.47% の 3 種の C 量異なる熱間工具鋼 DC に對する Co 添加の影響を確かめるため前述と同様の方法により研究を行つた。

## II. 試料

本研究に供した試料の化學成分は第 1 表に示した。A 類の試料群は C 0.25~0.27%, Cr 2.5%, W 10%,

第 1 表

試料	C	Cr	W	V	Co
分類 符號					
A D31	0.25	2.41	9.84	0.31	Tr
A 32	0.27	2.53	9.60	0.25	2.07
A 33	0.27	2.53	9.83	0.28	5.73
B D34	0.35	2.49	9.49	0.30	Tr
B 35	0.36	2.57	9.68	0.29	2.04
B 36	0.35	2.59	9.83	0.29	3.85
B 37	0.35	2.61	9.82	0.28	5.71
C D38	0.46	2.55	9.32	0.33	Tr
C 39	0.48	2.53	9.82	0.31	3.73

V 0.3% に對し Co を 0~6% に變化し、又 B 類の試料群は C 0.35%, Cr 2.5%, W 10%, V 0.3% に對し、Co を 0~6% 及び C 0.47%, Cr 2.5%, W 10%, V 0.3% に對し Co を 0 及び 4% の C 類の試料を調製した。

## III. 變態の生起狀況

前述と同様 (1) 本多式熱膨脹計を用ひ、各試料の爐中及び空中冷却による變態の生起狀況を測定した。その結果を示したのが第 2 表である。

第 2 表

試料	加熱變態	冷却變態					
		爐中冷却		空中冷却			
分類 符號	開始 (°C)	終了 (°C)	開始 (°C)	終了 (°C)	開始 (°C)	終了 (°C)	
A	D31	840	880	825	760	720	—
	32	845	890	825	760	695	—
	33	840	892	800	730	370	255
B	D34	825	860	770	700	320	215
	35	828	875	780	705	315	220
	36	828	875	780	705	340	225
	37	840	885	780	715	325	210
C	D38	810	840	735	680	226	150
	39	815	845	735	690	260	195

各 C 量共 Co を増す程加熱變態の開始及び終了溫度は餘り大差ないが、概ね僅か上昇する傾向を示す。次に爐中冷却の場合冷却變態は Co 含有量によつて殆んど變

\* 日立製作所安來工場

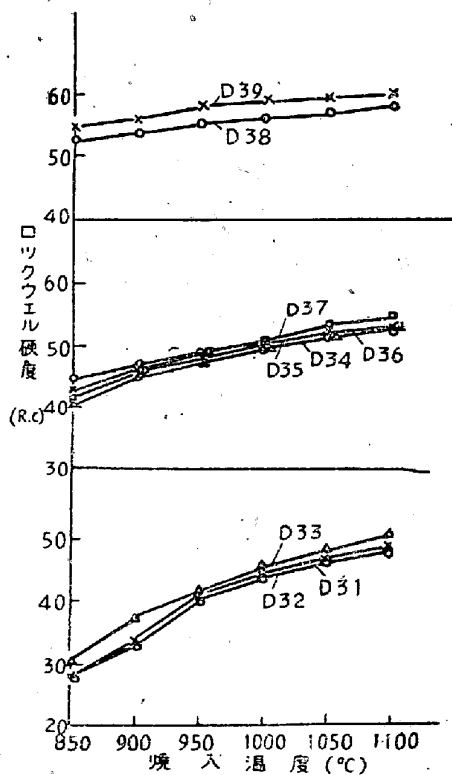
りない。然し空中冷却の場合は C 0.27% の時 Co 量を増す程降下する。即ち Co 約 6% の場合 370° に Ar<sup>II</sup> 点を生起する。

C 0.35% の場合は各 Co 量共孰れも 310~340° 附近に Ar<sup>II</sup> 点を生起し、自硬性大なることが首肯される。又 C 0.47% の場合も略同様である。唯 Ar<sup>II</sup> 点は低い温度に於て生起するのである。

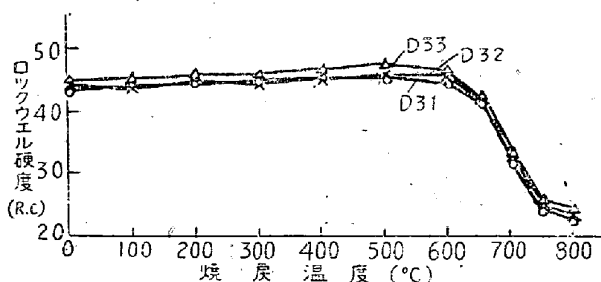
### IV. 熱処理による硬度の變化

#### (1) 焼入硬度に及ぼす最高加熱温度の影響

前述の如く各試料は充分焼鈍し、試験に供した。先づ各試料を 850°~1100° の最高加熱温度から油中に焼入し、焼入硬度に及ぼす Co の影響を調べた。その結果を示したのが第 1 圖である。但し焼入温度に保持する時間を 30 分とした。各試料共最高加熱温度を上昇する程焼入硬度を増大する。

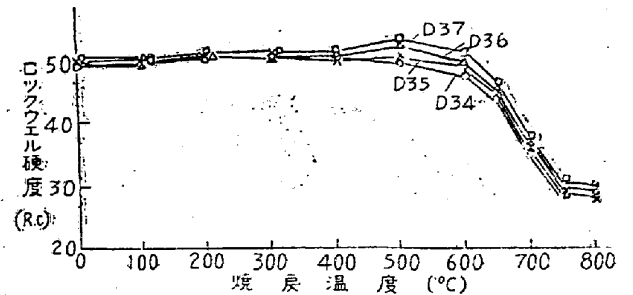


第 1 圖 焼入温度と硬度との關係

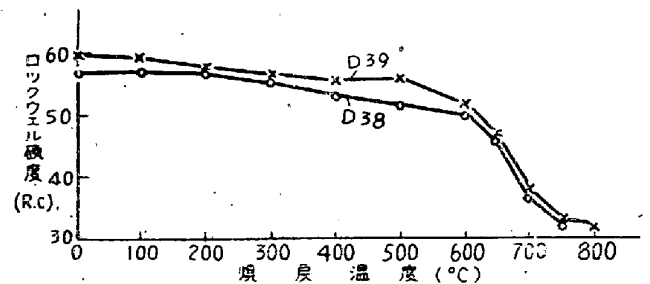


第 2 圖 D31~D33 試料の焼戻温度と硬度との關係 (焼入温度 1000°C)

尙前述の如く(1)各圖を通覽して見ると明らかに C 量を増加する程最高加熱温度による硬度増加の割合は少い。これが理由も前に述べた通りである。又各 C 量共 Co 量を増加する程焼入硬度を増大する。但し C 0.35% の場合焼入温度 950° 以下に於ては Co を含まない場合稍硬度が高い。



第 3 圖 D34~D37 試料の焼戻温度と硬度との關係 (焼入温度 1000°C)



第 4 圖 D38~D39 試料の焼戻温度と硬度との關係 (焼入温度 1000°C)

#### (2) 焼戻温度と硬度との關係

次に焼戻硬度に及ぼす Co の影響を見るため 900°, 1000° 及び 1100° から焼入した各試料の焼戻温度と硬度との關係を調べた。今 1000°C の場合を第 2 圖~第 4 圖に示した。

C 0.27%, Cr 2.5%, W 10%, V 0.3%, (A 類) 鋼に對する Co の影響を見るに各焼入温度共 Co 量を増加する程 500°C 附近に於て極大硬度を現はす。1100°C の場合殊に著しい。之は Co 含有量を増加する程且つ焼入温度を上昇する程大洲田に固溶する C 及び合金元素の量が多く大洲田を安定ならしめるため、これが焼戻によつて残留大洲田は麻留田に變化し、且つ複炭化物の微粒析出を起すものである。650° 以上は稍著しく硬度を減少する。C 0.35%, 及び 0.47% の試料群に對しても Co の影響は略同様の傾向を示す。換言すれば各炭素量の試料に於て Co は地質に溶解し複炭化物の溶解度を増し従つて焼戻軟化に對する抵抗を増大し、高温に於て高硬度持続性を附與するものである。尙焼入及び焼戻による顯微鏡寫眞を觀測したが此處では省略する。

#### (3) 焼戻時間の影響

各 C 量の試料に對し Co 含有量の反覆加熱及び冷却に

よる硬度の變化に及ぼす影響を見るため 1000° から油中焼入し、之を 600° 及び 700° の温度に反覆加熱し、その硬度の變化を調べた。その結果を記述すると次の通りである。加熱温度 600° の場合には C 0.27% の A 類の試料に於ては各 Co 量共最初 30~120 分までは寧ろ僅か硬度を増加し 3 時間以後は時間と共に減少する。C 0.35% の B 類の試料に於ては Co を含まない時及び約 2% Co の時は最初から硬度を減少するも Co 3% 以上は最初 30~60 分では寧ろ僅か硬度を増加し 1 時間以上は前述と同様硬度を減少する。又 C 0.47% の高 C 量の場合には Co を含まない場合も、Co 約 4% の場合も最初から時間と共に硬度を減少する。而して硬度低下の割合は Co 量高い方少い。要するに Co 含有量高い程焼戻軟化に對する抵抗大なることが首肯される。

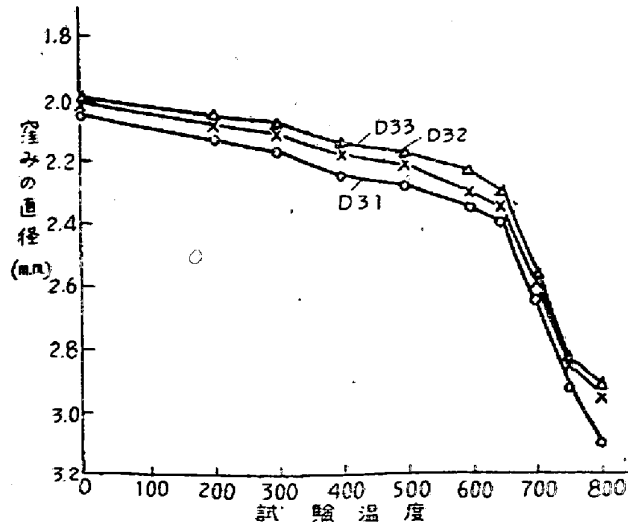
加熱温度 700°C の場合には前述の如く孰れも最初 30~60 分で急激に硬度を減少し、2 時間以上は極めて緩慢に硬度を減少する。尙前述の通り Co 含有量を増す程焼戻軟化に對する抵抗は大である。

### V. 高温硬度試験

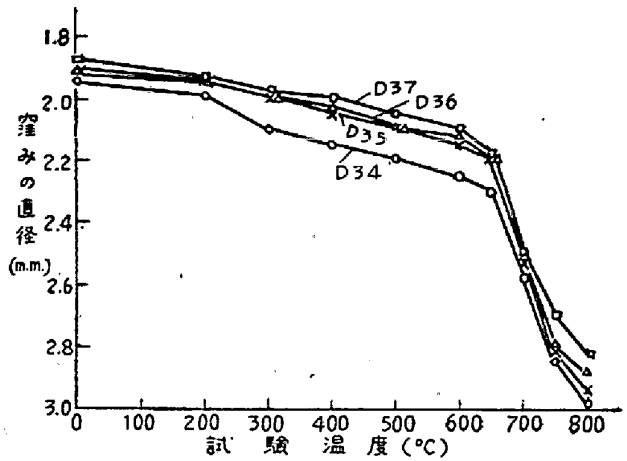
前報告<sup>(4)</sup>と同様の方法により Co 含有量異なる各試料の高温硬度を測定し高温に於ける性能を確めた。

#### (1) 試験温度と高温硬度

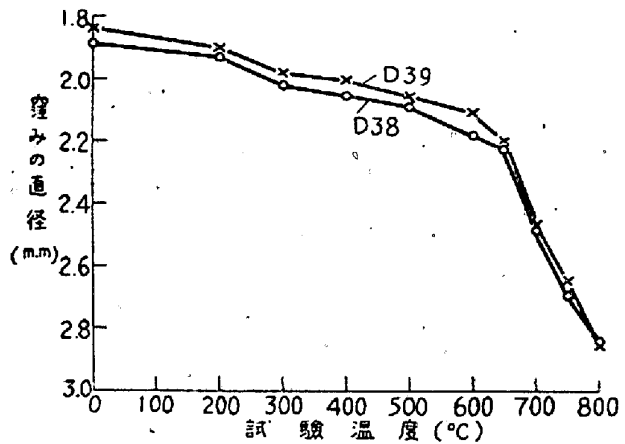
1000° から油中焼入し、650° に焼戻した試料を 200°~800° の試験温度に 30 分保持し、高温硬度を測定した。その結果を示したのが第 5 圖~第 7 圖である。これにより Co 量の高温硬度に及ぼす影響が知られる。尙各試料の熱処理硬度を第 3 表に示した。圖より明かに各試料共前述と同様 650° 附近までは比較的徐々に高温硬度を減少し 650° 以上は急激に軟化する。而して各 C 量共 Co 含有量を増加する程高温硬度を増加する。尙 C 約



第 5 圖 D31~D33 試料の試験温度と高温硬度との關係



第 6 圖 D34~D37 試料の試験温度と高温硬度との關係



第 7 圖 D38~D39 試料の試験温度と高温硬度との關係  
0.47% の高 C 量の場合には 650° 以上の高温に於ける硬度は Co 0% と 4% とは殆んど大差ないことが判る。

第 3 表

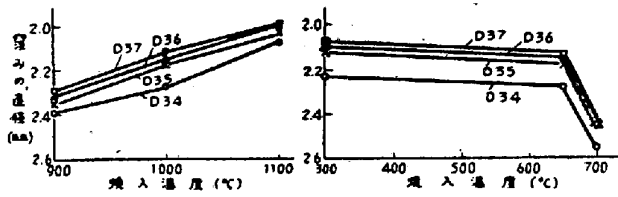
試料	焼入焼戻硬度 (Rc)
D31	38.5
32	39.0
33	39.3
D34	41.5
35	41.8
36	42.0
37	42.5
D38	43.3
39	45.3

上述の實驗結果から從來の C 量異なる熱間工具鋼に Co を添加すると孰れも高温硬度を増大しその性能を高めることが首肯される。

#### (2) 高温硬度に及ぼす焼入及び焼戻温度の影響

次に各試料の焼入及び焼戻温度の高温硬度に及ぼす影響を見るため先づ焼入温度を 900°, 1000° 及び 1100° の 3 種とし、焼戻温度を 650° に一定とした場合の高温硬

度の變化及び焼入温度を 1000° 一定とし焼戻温度を 300°, 650° 及び 700° の 3 種に變化した. その結果の一例を示したのが第 8 及び第 9 圖である.

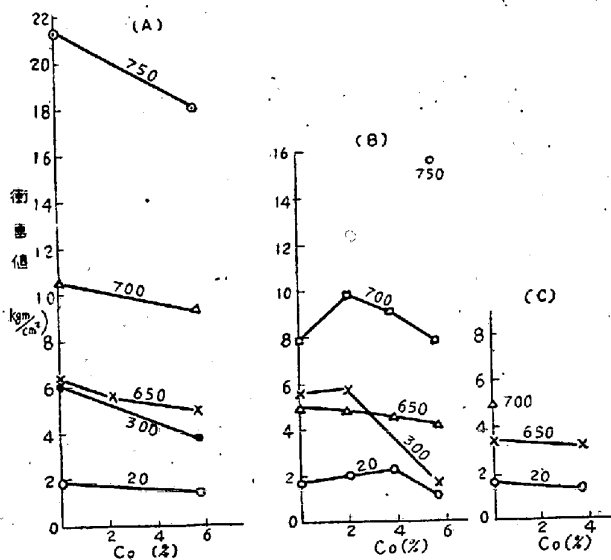


第 8 圖 D34~D37 試料の焼入温度と高温硬度との關係 (試験温度 650°C)  
 第 9 圖 D34~D37 試料の焼戻温度と高温硬度との關係 (試験温度 650°C)

前述と同様<sup>(1)</sup>各試料共焼入温度を上昇する程高温硬度を増大する. これが理由も前に述べた通りである. 又焼戻温度の影響を見るに 300° の場合最も高く, 650° に於ては僅かに減少し 700° に於ては前述の通り著しく減少し軟化する.

VI. 高温衝撃試験

次に高温に於ける靱性を見るため各試料を 1000° から油中焼入後 650° に焼戻し, 前述と同様<sup>(1)</sup>シャルピー衝撃試験機により高温に於ける衝撃試験を行った. 但し各測定値は 2 本の試料の平均値を示した. その結果は第 10 圖に示した. 試料不足のため充分な試験は行ひ得なかつたが, 試験温度を上昇する程概ね衝撃値を増大する. 而



第 10 圖 高温衝撃値と Co 量との關係 (D31~D39)

して C 0.27% の試料群 (A 類) に於ては Co 含有量を増す程衝撃値を減少する. C 0.35% の場合は Co 約

2% の場合 700° に於ける衝撃値は高いがそれ以上 Co 量を増加する程靱性を減少する.

この高温衝撃値と前述の高温硬度との關係を照合して考ふるに Co 含有量を増す程高温硬度高く, しかも 650° に於ては衝撃値も比較的高く, 極めて優秀なる性能を有することが確認された.

VII. 結 論

上述の研究結果を要約すると次の通りである.

- (1) C 0.25~0.48%, Cr 2.5%, W 10%, V 0.3% の熱間工具鋼 DC に及ぼす Co 0~6% の影響を研究した.
- (2) 各 C 量共 Co 量を増加する程加熱變態の開始及び終了温度は餘り大差ないが, 僅かに上昇する傾向を示す. C 0.35% 以上に於ては各 Co 含有量共孰れも 310~340° 附近に Ar<sub>11</sub> 點を現はし, 自硬性大なることを示す.
- (3) 850°~1100° の 6 種類の最高加熱温度による焼入硬度を測定し, 又焼戻による硬度の變化をも求め, Co 添加の影響を明らかにした.
- (4) 1000° から焼入した試料の 600° 及び 700° の温度に反覆加熱及び冷却による硬度の變化を調べ, 焼戻軟化に対する Co の影響をも確めた. Co 量を増す程焼戻軟化に対する抵抗は増大する.
- (5) 各 C 含有量共 Co を添加する程高温硬度を増大する. 而して 650° 迄は比較的高温硬度の減少は少い. 又靱性も比較的大で Co 量を増す程概ね減少するもその程度は少い.
- (6) 上述の研究の結果から熱間工具鋼として Co の添加は有効なることが明らかである. (昭 24. 1 月寄稿)

参 考 文 献

- (1) 小柴, 永島: 熱間工具鋼の研究, 第 1 報, 鐵と鋼第 35 年 4 號
- (2) 小柴, 永島: 熱間工具鋼の研究, 第 2 報, 鐵と鋼第 35 年 6 號
- (3) 小柴, 永島: 熱間工具鋼の研究, 第 3 報, 鐵と鋼第 35 年 7 號
- (4) 小柴, 永島: 熱間工具鋼の研究, 第 4 報, 鐵と鋼第 35 年 8 號
- (5) 小柴: 日本金屬學會誌, 5 (1941), 295
- (6) 小柴: 日本金屬學會誌, 5 (1941), 351