

温度は殆ど變化しないが、その高温衝撃値は焼入温度約 1000° 以下では却つて低下し、これを避ける爲には焼入温度を約 1050° 以上に高めなければならない。依つてこの爲にも又資源的に Cr を節約する爲にも Cr 量に關する現行規格 12~15% を約 9~11% に低下する事を提唱したい。

勿論これの決定には更に高温強度、燃焼ガスに對する耐蝕性、實地使用に對する耐久性等の検討も必要であらう。

(昭. 23. 10 月寄稿)

脚 註

- 1) 金屬の研究, 7 (1930), 451
- 2) 鐵と鋼, 28 (昭 17), 757
- 3) W. Hessenbruch, Metall u. Legierungen für hohe Temperaturen, BdI, Zunderieste Legierungen, S. 78

熱間工具鋼の研究(III)

(熱間工具鋼 (DC) に於けるタングステンの影響に就て)

(昭和 23 年 4 月本會講演大會講演)

小柴定雄*
永島祐雄*

STUDY ON THE TOOL STEEL FOR HOT WORKING

Sadao Koshiha & Sukeo Nagashima

Synopsis :—

The author carried out the experiments of effect of tungsten on the tool steel for hot work by the same method as the first report.

As the results of this investigation, it is ascertained that the moderate quantity of tungsten are about 6~8% for tool steel for hot work containing C 0.26~0.33, Cr 2.5, V 0.3%.

II. 緒 言

第 1 報¹⁾ 及び第 2 報²⁾ に述べたと同様の理由により C 0.25~0.33%, Cr 2.5%, V 0.30~0.35% の熱間工具鋼に及ぼす W 5~14% の影響を研究し、W の効果を確めた。

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。

第 1 表

試 料		C	Cr	W	V
分 類	符 號				
A	D 18	0.26	2.41	5.92	0.33
	19	0.25	2.41	9.84	0.31
	20	0.25	2.52	12.67	0.36
	21	0.29	2.52	13.87	0.30
B	D 22	0.32	2.46	7.80	0.35
	23	0.33	2.44	10.33	0.32

A 類の試料群は C 0.25%~0.29%, Cr 2.5%, V 0.3% に對し W を 5~14% に變化し、又 B 類の試料群は C 0.32%, Cr 2.5%, V 0.30% に對して W を 7~11% に變化したものを調製した。

III. 變態點の生起狀況

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。

C 約 0.25% の試料群に於て加熱變態の開始及び終了温度は W 含有量を増す程上昇する。又冷却の際の變態點も W 量を増す程上昇する。而して空中冷却の場合も同様 W 量を増加する程著しく上昇し、W 約 6% の場合は Ar'' 點を 300°C 附近に生起し、それ以上 W 量を増加すると Ar'' 點が現れない。従つて W 量を増す程焼入温度を高め且その冷却速度を大にしなければ

* 日立製作所安來工場

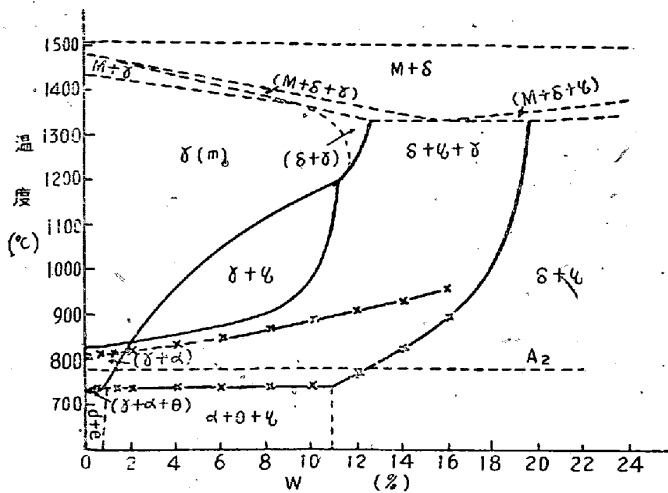
第2表

試料	加熱状態		冷却状態			
	開始	終了	爐冷(5°C/min)		空冷	
			開始	終了	開始	終了
D18	830	870	785	715	305	215
19	840	880	825	760	715	—
20	900	925	850	820	750	—
21	910	—	855	825	750	—
D22	820	855	780	700	310	220
23	815	855	780	720	330	225

ば充分焼入効果が得られない。換言すれば W 量を増す程自硬性を減少することが肯定される。これらの理由に就ては次の如く考へられる。即ち W は元來 C との親和力が強く前述¹の如く W を主體とした複炭化物を形成し且 W 量を増加する程地質の C 量を複炭化物の方に吸収し地質の C 量を減少し、従つて大洲田の安定度を減少する。それ故急冷によつても大洲田は容易に變態を高温度に於て生起し吐粒洲を生じ硬度を減少する。即ち自硬性を減少するのである。

C 約 0.32% の試料群に於て W 8~10% の場合には餘り大差なく空冷の場合孰れも 300°C 附近に Ar'' 點を生起し自硬性を有することが窺はれる。

尙前述¹の如くこの種多元系合金鋼を便宜上假に Fe-C-W 系と考へ武田博士³の C 0.3% の場合の Fe-C-W 系切斷状態圖を示すと第1圖の如くである。この圖より明らかに W 量を増加するに従ひ前述の如く A₃ 點を上昇し、γ+η の界域は W 量を増す程高温側に移動する。而して W 約 11% 以上は δ 相を生じ δ+η+γ の共存を示し従つて後述する如く焼入硬度を減少する。

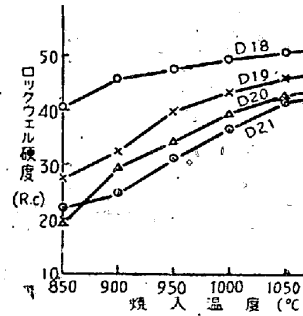


第1圖 C 0.3% の Fe-W-C 系切斷状態圖

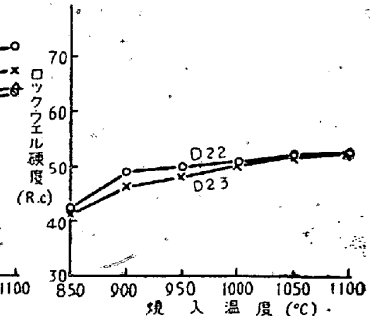
IV. 熱處理による硬度の變化

(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°C の最高加熱温度から油中に焼入し。焼入硬度に及ぼす W の影響を調べた。その結果を示したのが第2圖及び第3圖である。但し焼入



第2圖 焼入温度と硬度との関係 (試料 D18-D21)

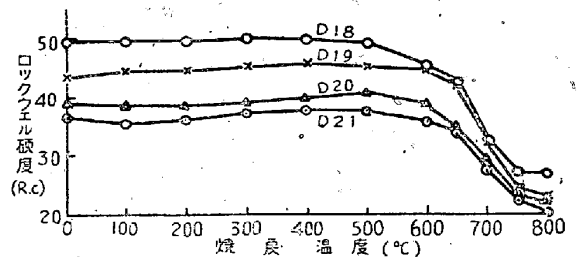


第3圖 焼入温度と硬度との関係 (試料 D22-D23)

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。而して C 0.25% の場合の A 類の試料に於て W 量を増加する程最高加熱温度による硬度増加の割合は多い。これは前に述べた熱膨脹曲線より明らかに W 量を増す程冷却の際の變態點を上昇し、自硬性を減少する爲である。尙 W 量を増加する程各焼入温度共硬度を減少する。又 C 0.32% の B 類の試料に於ては焼入温度 900°C 以上は第3圖に示す通り硬度増加の割合は比較的緩慢である。而して焼入温度 1000°C 以上は W 8~10% に於ては殆んど變りない。

(2) 焼戻温度と硬度との関係

次に焼戻硬度に及ぼす W の影響を見る爲 900°C, 1000° 及び 1100°C から焼入した各試料の焼戻温度と硬度との関係を調べた。A 群試料の 1000°C の場合を第4圖に示した。焼入温度 1000°C の場合 W 量約 6% の試料は 500°C 附近までは殆んど大差なく 600°C 以上は減少する。而して 1100°C の時は W 量高い場



第4圖 D18-D21 試料の焼戻温度と硬度との関係(焼入温度 1000°C)

合と同様 650°C までは硬度の減少極めて少く 700°C 以上著しく減少する。W 量約 10% 以上は孰れも約 600°C 附近まで比較的硬度の減少は少い。殊に焼入温度 1100°C の場合は前述の様に各 W 含有量共 650°C

附近までは硬度の減少が少い。尙前述の如く W 含有量の多少によつて焼入の際の硬度は可成りの相違があるも 700°C 以上の焼戻による硬度の差は少い。殊に焼入温度 1100°C の場合然りである。

尙 C 0.32% の B 類の試料と関連して W 含有量を増す時は同じ焼戻硬度を得んとするには C 含有量をも高めることの必要なることが窺はれる。これが理由は前に述べた通りである。

(3) 焼戻時間の影響

W 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爲各試料を 1000°C から油中焼入し之を 600° 及び 700°C の温度に反覆加熱し、その硬度の變化を調べた。

加熱温度 600°C の場合には A 類の試料に於て各 W 含有量共反覆加熱時間を増す程徐々に硬度を減少する。唯 W 量低い D18 試料に於ては初め硬度減少の割合は稍大である。尙 C 0.32% の B 試料群に對しても略同様であるが W 量高い場合の方焼戻軟化に對する抵抗は大である。

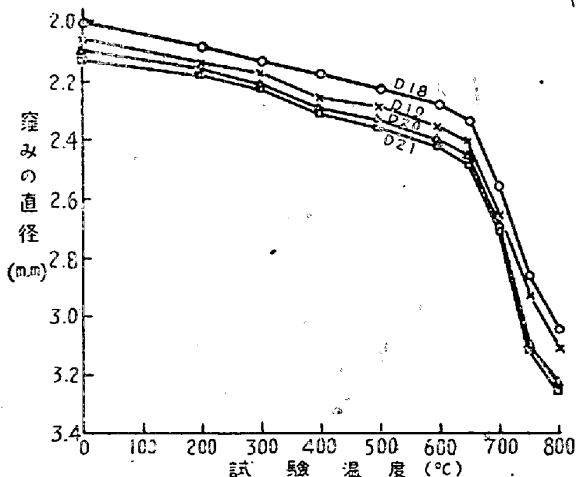
加熱温度 700°C の場合には各試料共略同様の傾向を示す。即ち最初 60 分までは急激に硬度を減少し、それ以後は極めて徐々に硬度の減少をなす。

V. 高温硬度試験

前報告^{1,2)}と同様の方法により W 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°C から油中焼入し、650°C に焼戻した試料を 200°~800°C 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 圖である。これによつて W 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。



第 5 圖 D18~D21 試料の試験温度と高温硬度との関係

第 3 表

試料	焼入焼戻硬度
D 18	40.6
19	38.5
20	31.4
21	30.3
D 22	40.1
23	40.6

圖より明らかに各試料共前述と同様 650°C までは比較的徐々に高温硬度を減少するも 700°C 以上は急激に減少し、軟化することが首肯される。C 0.25% の A 類の試料群に於て W 量 6% の場合高温硬度最も高く W 含有量を増す程減少する。W 12~14% に於てはその差僅かである。(W 約 14% の試料は C 量稍高い爲と考へられる)

上述の實驗結果から C 量低い場合は W 量も比較的少くした方が常温に於ける硬度も高く、高温硬度も高い。而して W 量を増加する時は C 量をも高目を選ぶねばならぬことが確認された。

(2) 高温硬度に及ぼす焼入及焼戻温度の影響

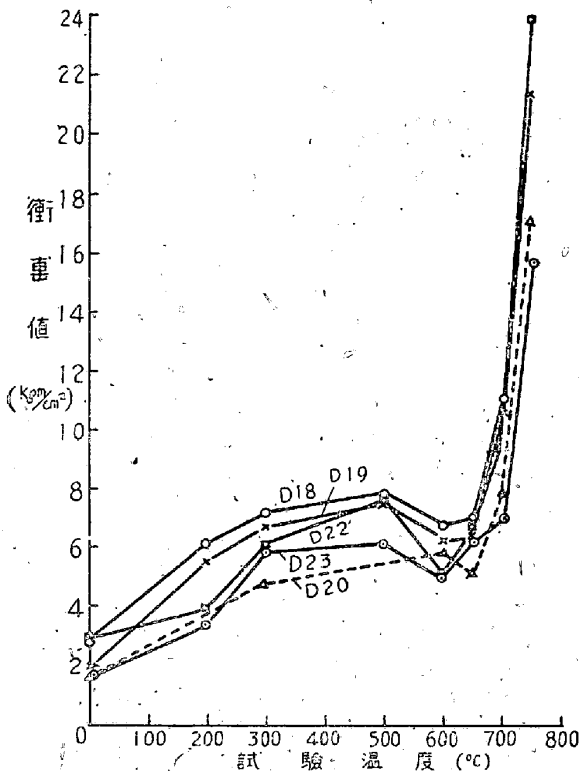
次に各試料の焼入及び焼戻温度の高温硬度に及ぼす影響を見る爲先づ焼入温度を 900°, 1000° 及び 1100°C の 3 種とし、焼戻温度を 650°C に一定とした場合の高温硬度の變化及び焼入温度を 1000°C に一定とし焼戻温度を 300°, 650° 及び 700°C の 3 種に變化した場合を實驗した。

前述^{1,2)}と同様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。

次に焼戻温度の影響を見るに 300°C の場合最も高く 650°C に於ては僅かに減少し、700°C 以上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爲各試料を 1000°C から油中焼入後 650°C に焼戻し、前述と同様¹⁾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つた。その測定結果は第 6 圖に示した。但し各測定値は 2 本の試料の平均値を示した。試験温度に對する衝撃値の關係は前述^{1,2)}と同様である。即ち各試料共常温の場合は衝撃値低きも試験温度を上昇するに従ひ急激に靱性を増し、500°C 附近で極大を現はし、600°C 附近に於て僅か減少し、650°C 以上は著しく増大する。而して W 含有量を増加する程衝撃値を減少する。しかも W 10% 以上は稍著しい。殊に試験温度高い程 W 量による衝撃値の低下は著しい。



第6圖 W量異なる試料の試験温度と高温衝撃値との関係

これらの高温衝撃値と前述の高温硬度との関係を総合してみるとC 0.25%~0.26%に於てはW量を増加する程高温硬度を減少し又高温衝撃値も低下することが判る。それ故比較的C量の場合にはW含有量も低くし、或はC量高い場合にはそれに應じてW含有量をも増加することが必要である。即ち前述の如く他の元素同一ならばCとW量とは極めて密接な関係に存することが確認される。

VII. 結 論

上述の研究結果を要約すると次の通りである。

(1) C 0.25%~0.35% Cr 2.5%, V 0.3~0.35%

の熱間工具鋼DCに及ぼすW 5~14%の影響を研究した。

(2) C 0.25%の場合W含有量を増加する程加熱及び冷却の際の変態点を上昇し、焼入硬度も低く、自硬性を減少する。W約6%の場合は300°C附近にAr''点を現はし自硬性大なることを示す。

(3) 850~1100°C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変化をも求めWの影響を明らかにした。

(4) 1000°Cから焼入した試料の600°及び700°Cの温度に反覆加熱及び冷却による硬度の変化を調べ焼戻軟化に対するWの影響を確めた。W含有量を増す程焼戻軟化に対する抵抗は概ね増大する。

(5) C 0.25%の場合W含有量6~14%の範囲に於てはW量高い程高温硬度を減少し、C 0.32%の場合にはW 10%の方8%の時より稍高温硬度は大である。尚焼入及び焼戻温度の高温硬度に及ぼす影響をも明らかにした。

(6) W量を増す程高温衝撃値は概ね減少する。殊に試験温度700°C以上に於て著しい。

(7) 上述の研究の結果から熱間工具鋼としてCとW量とは極めて密接な関係にあり、従來の高W含有量より低含有量にて寧ろ耐久力大なる熱間工具鋼を得ることが出来る。

終りに臨み本研究を遂行するに當り終始懇篤なる御指導を賜りたる菊田博士に深甚なる敬意と感謝の意を表する。
(昭. 23. 10月寄稿)

参 考 文 献

- 1) 小柴, 永島, 鐵と鋼 35年4号 p. 17-21 (昭24. 4月)
- 2) " " " 第35年6号 p. 21-24 (昭. 24. 6月)
- 3) 武田, 金屬の研究, 6 (1929), 509