

シリクロム耐熱鋼に関する研究

(耐熱鋼の研究 III)

出口喜勇爾*

STUDY ON THE SILICHROME HEAT-RESISTING STEEL

(Study on the heat-resisting steel III)

Kiyoji Deguchi

Synopsis :—

The results of the high temperature shock tests of silichrome heat-resisting steels show that it is better to decrease their Cr content from 12~15% (Normal) to about 9~11%, not only to prevent the decrease of their room and high temperature shock value, but also to save the chromium.

I. 緒言

著者はさきにシリクロムタングステン耐熱鋼に関する研究(耐熱鋼の研究 II)を發表したが、本耐熱鋼の主要合金元素たる Cr の影響に関しては當時種々の事情により実験が未完了であつたので、こゝにこれを追補する次第である。元來シリクロム鋼は高温強度を増す爲に通常 Mo 又は W を添加して使用するが、今回は Cr の影響を検討するのが目的である爲に、Mo, W の何れをも含有せざるシリクロム鋼に就て実験した。

II. 試料

シリクロム耐熱鋼の化學成分の規格は C 0.35~0.45 Si 2.0~2.80, Mn < 0.6, Cr 12.0~15.0% である。故に、今回の実験試料としては C 約 0.4, Si 約 2.0% に一定して、Cr 量を 0~13% の間に變化させたものを試験用高周波電氣爐によつて 8kg 鋼塊を熔製し 15mm 角に鍛伸後熱處理してから試験片を作製した。実験は前後 3 回行つた、第 1~3 表はそれぞれ各回試料の化學成分を示す。

III. 実験概要

(A) 第 1 回実験

第 1 表に第 1 回実験試料の成分と共に變態溫度及熱處理溫度を附記した。

(1) 變態溫度

本多式全熱膨脹計により温定せる結果を第 1 表に示したが、更に變態の進行狀況を考察する爲に各試料の

第 1 表

試料 番號	化學成分 (%)						變態溫度 (°C)		焼鈍 (油冷)	焼入 (空冷)	焼戻 (空冷)
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ac	Ar			
1	0.40	1.96	0.60	0.012	0.030	0	770~ 820	670~ 770	870°C (179)	870°C (187)	720°C (187)
2	0.43	1.97	0.66	0.020	0.030	3.77	840~ 865	710~ 735	920 (207)	920 (207)	800 (226)
3	0.38	2.36	0.72	0.019	0.029	6.00	860~ 880	720~ 740	930 (192)	930	800 (220)
4	0.37	1.88	0.62	0.018	0.033	7.94	867~ 890	740~ 755	940 (187)	940	800 (226)
5	0.40	1.86	0.65	0.020	0.029	9.96	860~ 890	725~ 753	940 (170)	940	800 (209)
6	0.40	2.00	0.69	0.015	0.035	11.76	865~ 900	760~ 785	950 (197)	950	800 (201)

括弧内数字は該熱處理後のプリナル硬度数を示す

第 2 表

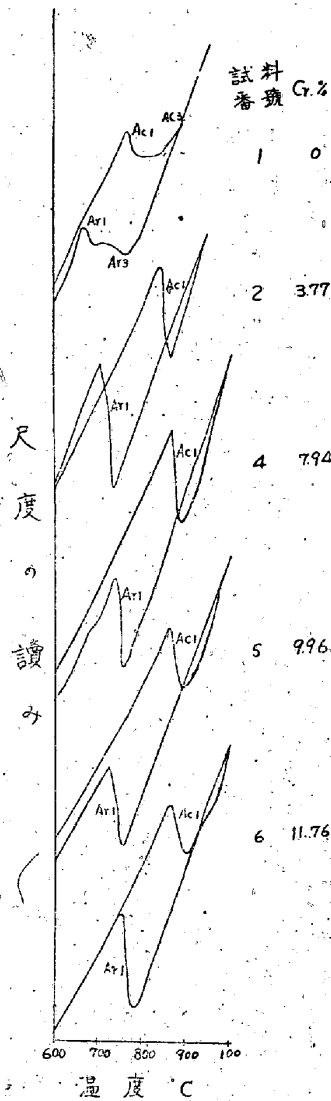
試料番號	C	Si	Mn	P	S	Cr %
7	0.38	1.69	0.60	0.018	0.019	9.45
8	0.39	1.99	0.70	0.023	0.027	11.17
9	0.39	1.90	0.70	0.024	0.025	12.68

第 3 表

試料 番號	化學成分 (%)						變態溫度 (°C)	
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ac	Ar
10	0.38	1.61	0.46	0.013	0.037	6.99	840~875	680~735
11	0.39	1.87	0.46	0.012	0.037	8.71	865~895	730~775
12	0.37	1.87	0.50	0.011	0.040	11.32	855~885	720~760
13	0.38	1.87	0.47	0.010	0.039	13.00	850~875	710~765

熱膨脹曲線を第 1 圖に示す、これによれば、變態溫度に於ける加熱冷却による膨脹收縮は Cr を含有せざる試料 1 に於ては Ac₁ 及 Ar₁ 變態は急激に起り、Ac₃ 及 Ar₃ 變態は徐々に進行するが、Cr 3.77% 以上を含有する試料に於ては A₃ 變態を示さず A₁ 變態のみが急

* 日本特殊鋼株式会社



第1圖

(2) 高温衝撃試験

焼鈍試料及焼入焼戻試料の両者に就き常温~800°間にて高温衝撃試験を行つた結果をそれぞれ第2, 3圖に示す。

(i) 焼鈍試料

第2圖によれば、常温衝撃値はCr量の増加に従ひ若干不規則なる変化をするが、高温衝撃値は、約300~700°間のそれを見ると、Cr約10%迄はCr量の増加に従ひ高温衝撃値は増加し、更にCrが12%に増す時は却つて減少してCr約6%試料のそれに近似した値を示す。

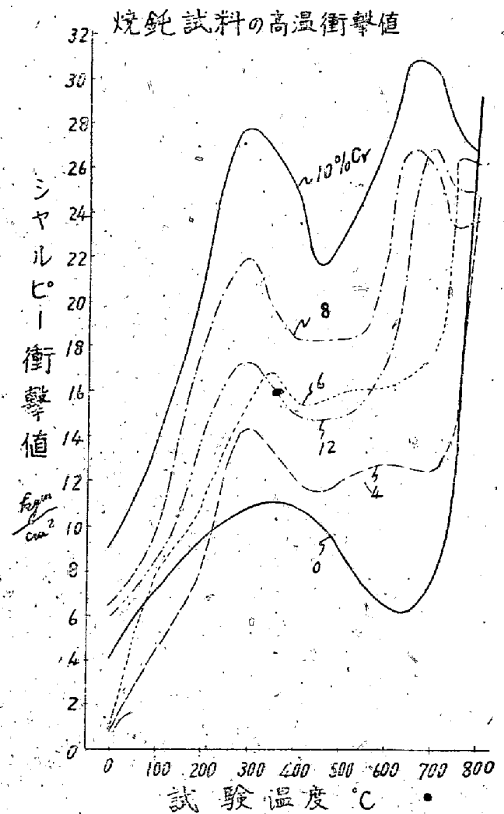
(ii) 焼入焼戻試料

第3圖によれば、焼入焼戻試料に於てはCr量による衝撃値の差異が焼鈍試料の様には著しくはない。然しこの場合にも、Cr約10%試料が高温衝撃値最も高く、更にCrが12%に増加する時は却つて低下してCr約4%試料のそれと同等或はそれ以下となる。

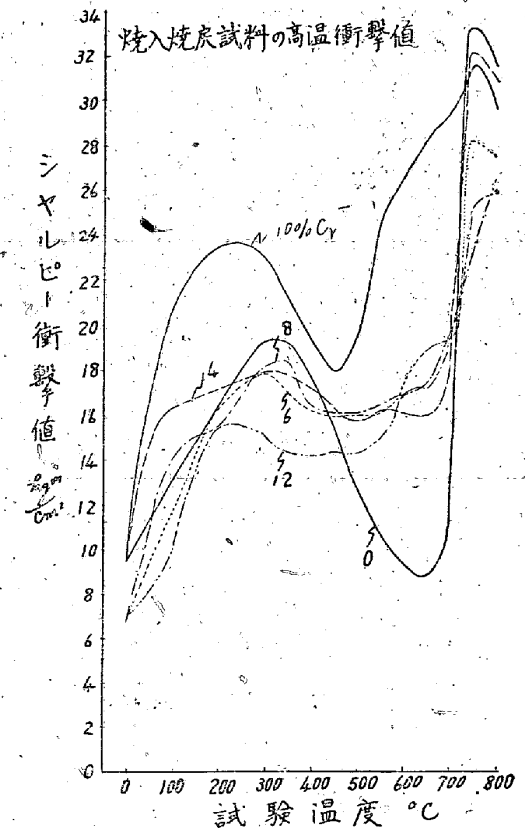
(B) 第2回実験

激に起る。且 Ac_1 變態はCr約8%迄はCr量増加と共に上昇するが、更にこれ以上Crが増しても著しき變化はない。但 Ar_1 變態はCr量多い方が高い従つて Ac_1 Ar_1 との溫度差は試料5 (Cr 9.96%) よりも試料6 (Cr 11.76%) の方が小さい。

次に熱處理に就て、焼鈍は第1表に示せる溫度に於て4~5h保熱後爐冷(約一晝夜を要す)し、焼入焼戻はこの様に完全焼鈍した後行つた。尚シリクロム鋼の焼入溫度は通常變態溫度以上可成り高い溫度から焼入するが、今回はCrの影響を見る爲に各試料共に均一に Ac_1 以上約50°の溫度より焼入れた。かゝる熱處理後のブリネル硬度を表中に附記した。



第2圖

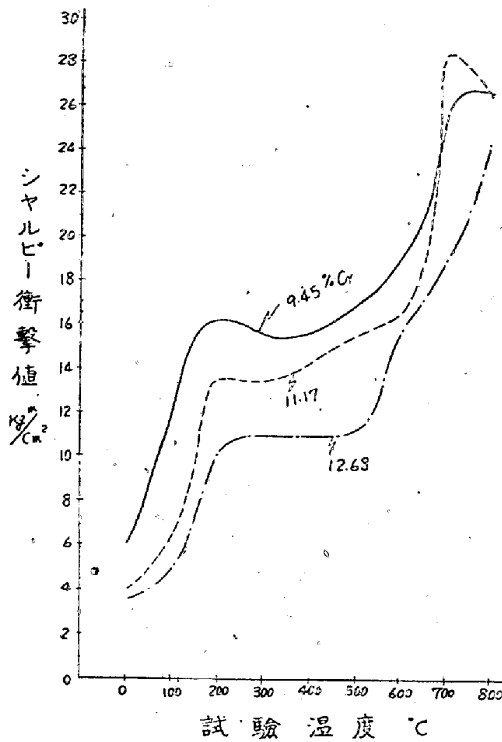


第3圖

前回實驗の試料はすべて十分に焼鈍したものであつたが、今回は焼鈍を行はず唯焼入焼戻のみを行つた試料に就て前回と同一要領で實驗した。記述を簡潔なら

しめる爲に、Cr 8% 以上の試料に就いてのみその成分及高温衝撃試験結果をそれぞれ第2表、第4圖に示す。

これによつても Cr 量が約 10% を超ゆる時はその高温衝撃値は矢張り低下して居る。

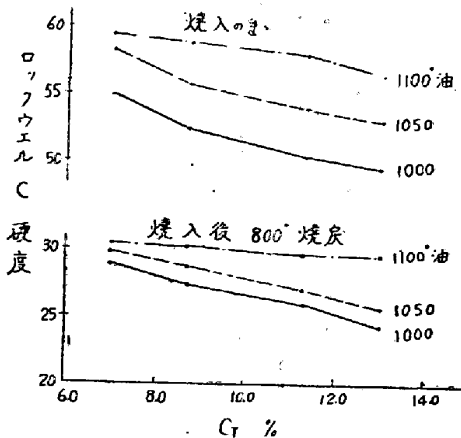


第 4 圖

(C) 第 3 回實驗

以上の實驗は 2 回共に變態溫度以上約 50° より焼入したものであるが、この焼入溫度の影響を検討する目的で、第 3 表に示す如き 4 試料を 1000, 1050, 1100° より焼入した場合に就き實驗した。尙同表にこれらの變態溫度を附記したが、Cr が約 8% 以上となつても變態溫度には殆ど差がない。

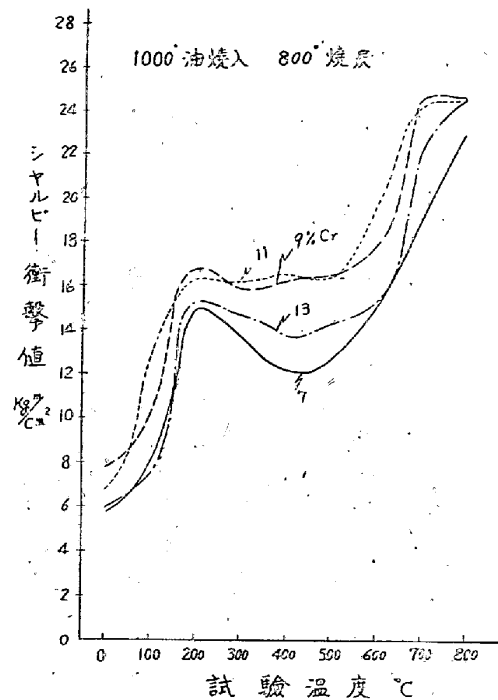
各試料を焼入及焼入焼戻した場合の硬度を第 5 圖に示す、これによれば何れの溫度から焼入した試料でも



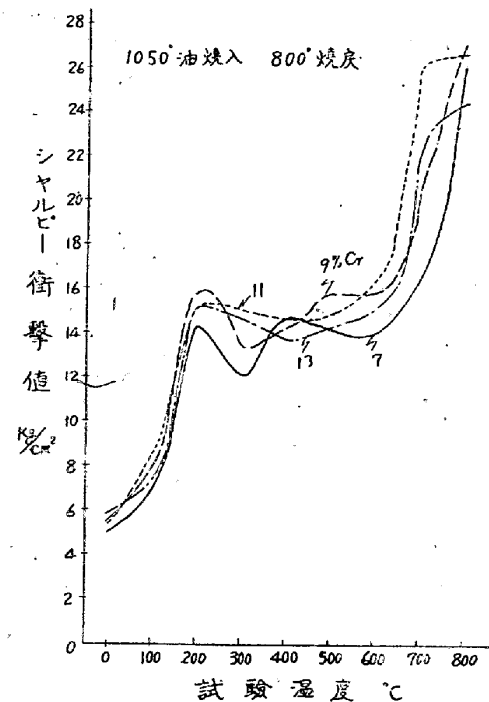
第 5 圖

Cr 量増加と共に若干硬度が低下しその低下割合は焼入溫度高き場合程少い。又かゝる Cr 量の増加による硬度の低下割合は焼入後焼戻すると減少し、1100° 焼入試料では Cr 量増加による硬度の低下は認められない。

次にこれらの試料を 1000 及 1050° 焼入した後 800° 焼戻したものゝ高温衝撃試験結果をそれぞれ第 6, 7 圖に示す。1100° 焼入試料に就ては 1050° 焼入試料の



第 6 圖



第 7 圖

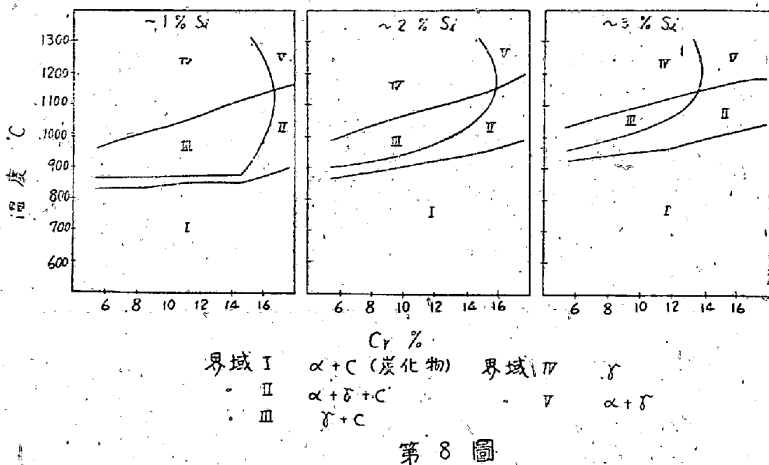
それと殆ど等しい故にこゝにはその圖を省略した。

第6圖によれば 1000° 焼入したものの高温衝撃値は、Cr 約 10~11 %迄は Cr 量増加と共に増加するが、更に Cr が 13 %に増す時は、第 1, 2 回の實驗結果と同様に、却つて低下する。然るに第7圖によれば焼入温度を 1050° に上昇させる時は、Cr 量が 13 %に増加しても高温衝撃値は低下しない。1100° 焼入の場合も同様である。

IV. 實驗結果に對する考察

第 1, 2 回實驗結果の示す如く、Cr 量約 10 % 以上になると高温衝撃値が却つて低下する理由としては次の3つが考へられる。即ち (1) 焼入焼戻に際して異相の混在する事 (2) Cr を固溶せる地質そのものが脆くなる事 (3) 炭化物の析出状況による事。

(1) シリクロム鋼の状態圖は村上、横山兩博士¹⁾、山中、佐藤兩氏²⁾等によつて提出されて居るが、今後者による C 0.4%, Si 2% に於ける切斷狀態圖を示せば第8圖の如くである。これによれば Cr 約 8~12%



第 8 圖

試料はその焼入温度 950° に於ては界域 III 即ち $\gamma + C$ (炭化物) の界域にあり、 α を混在せない筈であり、實際に試料の顯微鏡組織を檢查して見ても異相の存在する様な形跡は認められない。されば Cr 量が約 10% 以上になると高温衝撃値が却つて低下するのは焼鈍或は焼入焼戻に際して異相が混在する爲とは考へられない。

(2) 次にかゝる結果は焼入焼戻試料に於てのみならず完全焼鈍試料に於ても起る故に、これは Cr を固溶せる地質そのものが Cr 量約 10% 以上になると却つて脆くなる爲ではなからうかとも考へられる。然し一般に衝撃値低下は地下質よりもそこへ炭化物の析出する状況による事大なるものであるから、第 1 回實驗の焼鈍試料は、完全焼鈍は行つたが焼鈍温度が低きに

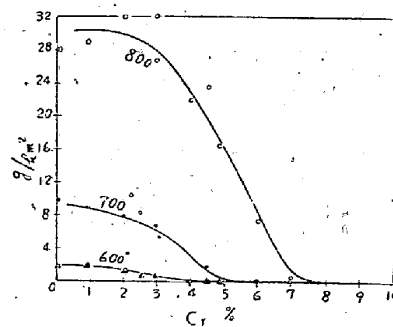
過ぎた爲に、結局焼入の場合と同様焼鈍に際しても、Cr 量高き試料では粒界に残存する不溶解炭化物が多かつた爲と思はれる。

(3) 依つて炭化物の析出状況による影響を檢討する爲に、第 3 回實驗の如く焼入温度を 1000~1100° 間に變へて試験したのであるが、これにより Cr 量が約 10% 以上となつても、焼入温度を高めて約 1050° 以上とし不溶解炭化物の残存するのを少くすれば、高温衝撃値は殆ど低下しない事を知つた。

寫眞第 1~4 は第 3 回實驗試料の顯微鏡組織を示す焼入に際して残留せる不溶解炭化物と Cr 含量及焼入温度との關係を定量的に明瞭には認め難いが、概略の上述の傾向をうかゞう事は出来る。

扱てシリクロム鋼は元來變態温度の高き事を要求されるが、Cr 量を約 8% 以上としても變態温度には殆ど影響のない事は第 I, 3 表によつても知られる。然して Cr 約 10% 以上となつた場合にはその高温衝撃値の低下を防ぐ爲に焼入温度を約 1050° 以上に高めなければならぬ、然し前報に述べた如く、結晶粒の粗大或は衝撃値の低下の點からなるべくならば餘り温度を上げない方がよらしい。されば Cr 量の現行規格 12~15 % を寧ろ 9~11 % 程度に低下する事を提案したい。これは唯に同鋼の高温衝撃値の低下防止上有効なるのみならず、資源的に Cr の節約に寄與する所大なるものがある。

但しこれによりその耐蝕性の低下する恐れがあるが、これに關しては Houdremont が 0.15% C, 0.7~0.9% Si 鋼に就き 600, 700 及 800° × 120h 空中加熱した場合のスケールの發生量に及ぼす Cr の影響を實驗した第 9 圖³⁾によれば、使用温度最高 800° 迄ならば、前述程度に Cr 量を低下しても殆ど差異なきものと思はれる。



第 9 圖

V. 結 論

シリクロム鋼の常温並に高温衝撃値等に及ぼす Cr の影響を焼鈍及焼入焼戻試料に就き検討した結果、該耐熱鋼の Cr 量が約 10% 以上になる時は、その變態

温度は殆ど変化しないが、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 量に関する現行規格 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、燃焼ガスに対する耐蝕性、實地使用に対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) 金属の研究, 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 の効果を確かめた。

II. 試 料

本研究に供した試料の化学成分は第 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