

Cr-W 鋼に及ぼす C の影響

(熱間工具鋼の研究の續報)

(日本鐵鋼協會第 33 回講演大會, 昭 22, 4, 於東京)

出口喜勇爾*

THE INFLUENCES OF C ON THE Cr-W STEEL

(Succeeding report of the study of the hot-die steels)

Kiyoji Deguchi

Synopsis:—

On the two series of Cr 3, W 10% and Cr 3, W 5%, we studied the influences of C content on the followings: (1) The transformation point; (2) The hardness and the microstructure after water quenched from 700~1300°C; (3) The hardness when tempered at the temperatures up to 700°C after quenched from the various temperatures above described. From these data we constituted the phase diagrams which show the changes of phases by the C content at the bases of Cr 3, W 10% and Cr 3, W 5%.

I. 緒言

熱間ダイス鋼或は低 W 高速度鋼への應用を目的として行つた基礎的研究である。Cr 約 3, W 約 10% 及 Cr 約 3, W 約 5% の 2 系統に就き, C を概略 0.2 ~ 1.6% に變化させ, これらをそれぞれ 700 (800) ~ 1300° より焼入れた場合の硬度及顯微鏡組織を調べ, こ

れに基いて C 量による變化を示す概略の状態圖を構成し, これを Fe-W-C 系の W10 及 5% に於ける切斷状態圖と比較した。次にこれら焼入試料の全部に就き 700°迄の各溫度に焼戻した場合の硬度を測定した。

II. 試料の調製

試験用高周波誘導爐により 3kg 鋼塊を熔製し, これ

試料の化學成分及變態溫度

No.	化學成分 %								變態溫度 °C	
	C	Si	Mn	P	S	Cr	W	Ac	Ar	
高 W 系										
1	0.21	0.20	0.48	0.021	0.035	2.88	10.05	910~953	810~890	
2	0.24	0.31	0.41	0.035	0.016	2.99	9.95	920~950	840~890	
3	0.31	0.33	0.44	0.030	0.013	3.18	10.11	846~883	745~830	
4	0.48	0.29	0.50	0.035	0.014	2.91	9.85	830~863	728~782	
5	0.66	0.42	0.38	0.018	0.015	2.98	10.06	820~845	708~745	
6	0.83	0.31	0.32	0.018	0.016	2.90	9.10	805~835	725~752	
7	0.92	0.36	0.35	0.016	0.016	2.91	9.90	805~835	720~748	
8	1.09	0.31	0.37	0.016	0.019	2.95	10.12	795~825	700~730	
9	1.46	0.38	0.42	0.019	0.015	2.95	10.05	794~825	706~732	
10	1.58	0.43	0.49	0.017	0.016	2.91	9.62	786~818	695~723	
低 W 系										
11	0.19	0.48	0.40	0.015	0.021	3.31	5.10	820~860	690~770	
12	0.24	0.52	0.40	0.010	0.021	3.25	5.22	800~840	690~750 (235~330)	
13	0.31	0.48	0.46	0.014	0.017	3.25	5.15	805~845	630~730 (270~360)	
14	0.49	0.48	0.64	0.013	0.013	2.65	4.95	780~825	650~700	
15	0.71	0.43	0.64	0.015	0.016	2.59	5.25	785~820	630~705	
16	0.89	0.46	0.48	0.018	0.019	2.85	5.35	790~825	685~720	
17	1.11	0.51	0.72	0.015	0.014	3.05	5.10	780~810	630~720	
18	1.34	0.56	0.72	0.015	0.013	2.80	4.90	765~795	630~700	
19	1.56	0.40	0.52	0.012	0.017	2.80	5.15	768~798	690~710	

* 日本特殊鋼株式會社

を角 15mm に鍛伸して試験に供した。別表は試料の化学成分及變態温度を示す。No. 1~10 は Cr3, W10% 系, No. 11~19 は Cr3, W5% 系である。

III. Cr3, W10% 系試料に就ての實驗結果

(1) 變態温度

前記成分表中に附記した。これによれば變態温度は C 0.83% 迄は C 量増加と共に低下するが、更にこれ以上 C 量が増しても殆ど變化がない。

尙第 1 圖により變態の生起状況を考察するに、No. 1, 2 の C0.2% 程度では $Ac_{1,3}$, $Ar_{1,3}$ はそれぞれ 910~950, 810~890° の如く非常に高いのみならず、徐々に進行し加熱曲線に於て殆ど收縮を示さない。No. 3 の C0.31% になると變態は可成り急激に生起して加熱曲線も收縮を示す様になるが、冷却に際してはまだ徐々に進行し、又 Ar_3 が僅かに現はれて居る。C0.48% 以上になると加熱冷却の場合共に變態は急激に生起し、C が更になると變態量が又少くなる。

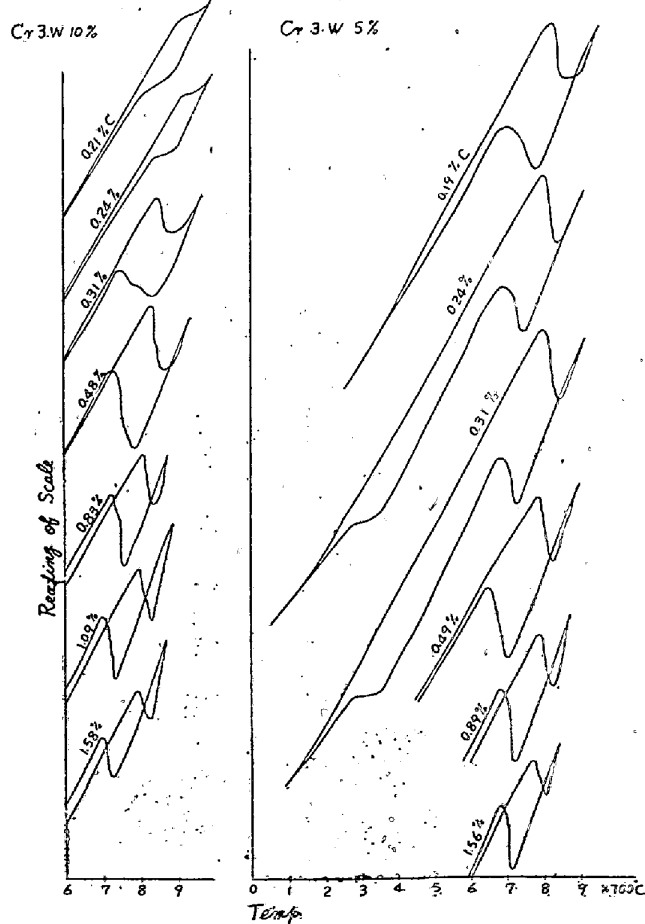


Fig. 1

(2) 焼入温度による硬度の變化

15mm 立方の試験片を 700~1300° 間の温度で水焼入した場合の硬度の變化を第 2 圖に示す。これによれば C

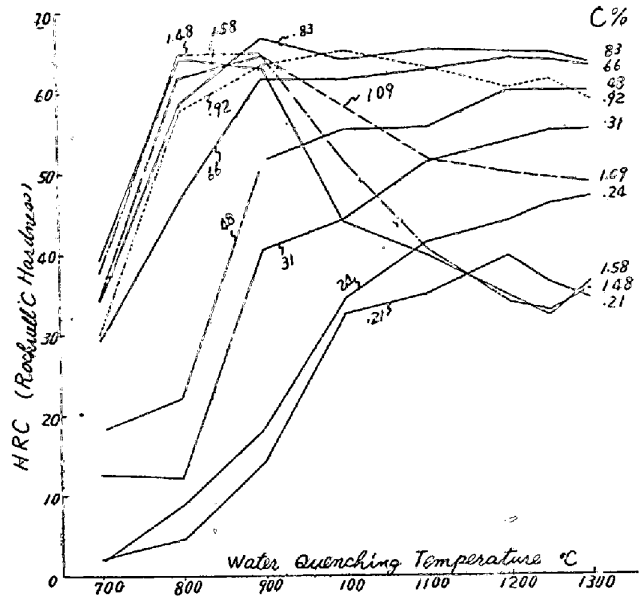


Fig. 2

0.83% 迄の試料は、C の低い試料では徐々に、又 C の高い試料では約 900° 迄は急激にそれから徐々に、焼入温度上昇と共に硬度が増加し、且同一焼入温度に於ける硬度は C 量多きもの程大である。又焼入温度上昇と共に硬度が急激に増加する所の温度は C 量増加と共に低下するが、これは C0.83% 迄は C 量増加により變態温度が低下する爲である。所が C0.83% 試料では焼入温度 900° に於て硬度 HRC (ロックウェル C 150kg)67 なる最大値に達し、これ以上焼入温度を上げてても硬度はもはや増加せず HRC 約 65 の一定値を示す。次に C 量がこれ以上の試料の硬度は焼入温度が 800~900° に於て最大値を示し、温度が更に上昇する時は却つて減少する。然してその減少する割合は C 量多いもの程大である、例へば C 約 1.5% 試料に於ては 800~900° 焼入では HRC 約 64 であるが、1100° 以上の焼入では約 35 となり、C0.2% 試料のそれと殆ど相等的な硬度を示す。これは残留オーステナイトが多く生ずる爲と思はれる。

(3) 温度及 C 量による組織の變化—状態圖の構成

種々の温度より焼入れた試料に就きその組織と前掲硬度とを比較對照して、Cr 約 3% W 約 10% 一定とした場合の C 量及温度による組織の變化を示す状態圖を構成した。第 3 圖はこれを示す。これには同時に Fe-W-C 系の W=10% に於ける切斷状態圖¹⁾を併記した。Fe-W-C 系には θ , η の 2 種類がある、これに更に Cr が約 3% 添加された場合には顯微鏡による炭化物の種類の識別*が判然としないが、Cr は Fe-W-C 系に於ける諸相即 α , γ , θ 又は η に固溶し Cr の添加によつて新しい炭化物相は表はれないと考へ、その存在界域を主として

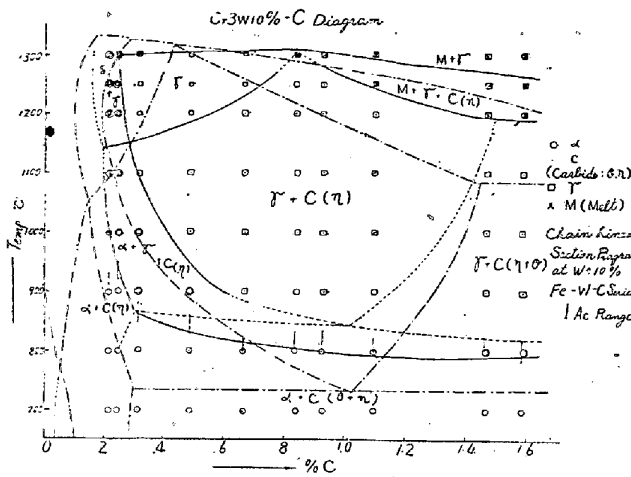


Fig. 3

文献¹⁾によつて推定して点線によつて區別した。

今代表的なもの、顯微鏡組織を示すと次の通りである、即寫眞第1はC0.21%900°水冷で $\alpha+C$ (炭化物)、寫眞第2はC0.24%1000°水冷で、これも殆ど同様な組織であるがその硬度より判定して一部 γ に變じマルテンサイト(M)を混じて居ると思はれる。寫眞第3はC0.83%1000°水冷で完全にM+C、寫眞第4はC0.24%1200°水冷でMの地に δ が表はれて居り、又寫眞第5はC0.31%1200°水冷で殆ど均一のMと思はれる。唯

寫眞第4, 5は倍率を本寫眞の如く500倍にも高めると極く微細炭化物が認められる、かゝる微細炭化物は焼入温度を如何に上昇しても消失しない。寫眞第6はC1.58%1200°水冷で粒界及粒内にMeltが表はれて居る。(寫眞省略)

要するにこれをFe-W-C系の10%Wに於ける切斷狀態圖(鎖線により示す)と比較すると、Crが約3%含有された爲に、各相の界域が左上方にづれ、特にMeltの出始める温度が上昇して居る事は明瞭に知る事が出来る。

(4) 焼戻による硬度の變化

前記の焼入試料をすべて700°迄の各温度に焼戻した場合の硬度の變化を第4圖(1)(2)(3)に示す。これによればC0.21, 0.24%の如き低C試料の硬度は何れの温度から焼入したものでも焼戻温度による變化は少いが焼入温度高きものでは概して600°以上に焼戻された場合には少しく減少して居る。次にC0.31, 0.48%試料の硬度は、800°焼入ではまだ焼が入らず900°焼入で始めて焼が入つて居り、又焼戻温度が上昇しても約500°迄は殆ど變化しないが、これ以上に焼戻された時には可成り低下する。尙この場合焼入温度高きものでは焼戻温度500~600°に於て僅かに二次硬化を示すものがある。

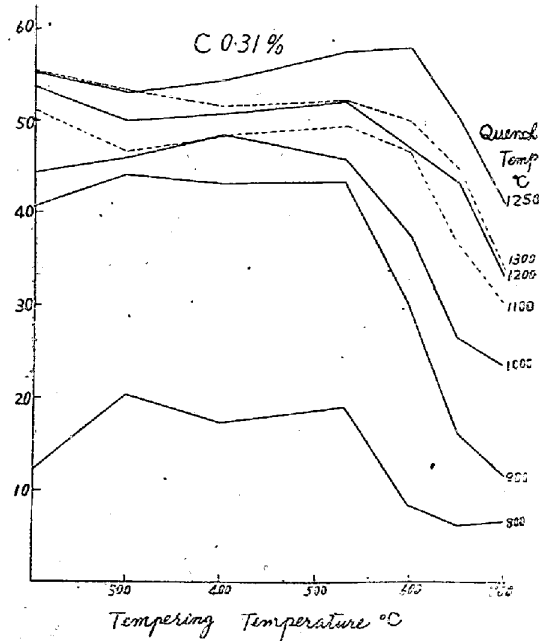
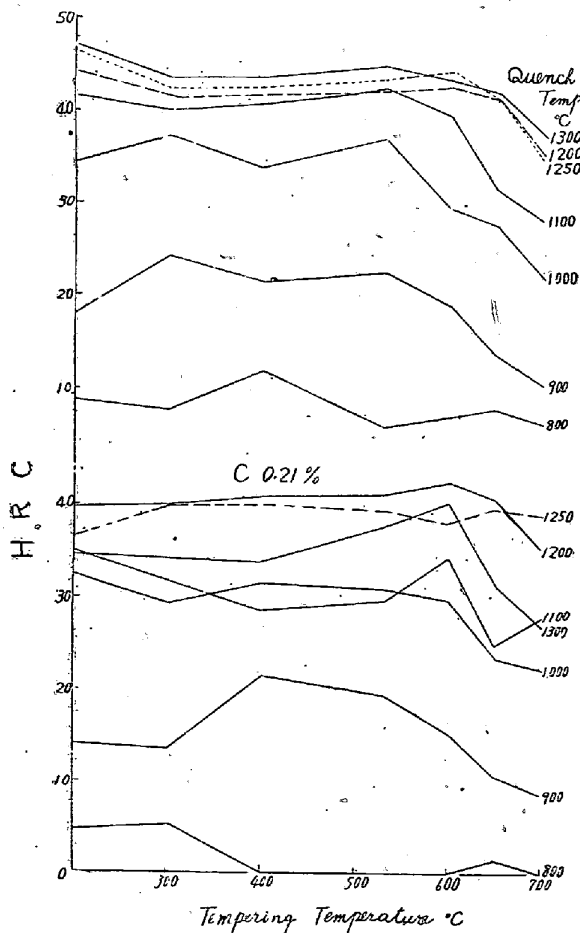


Fig. 4(1)

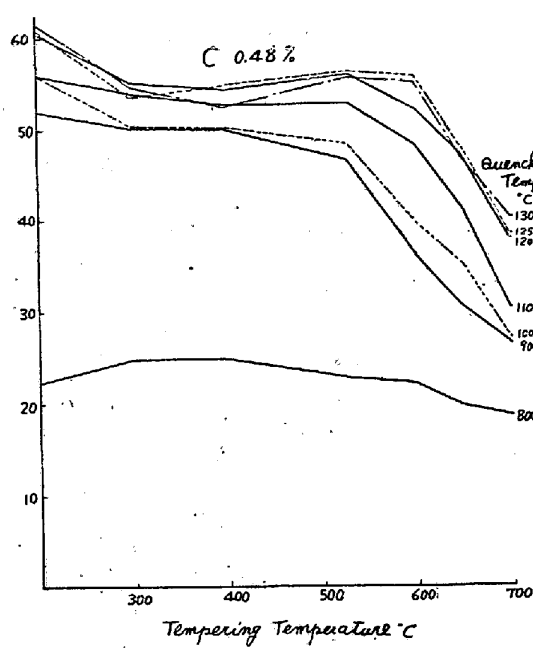
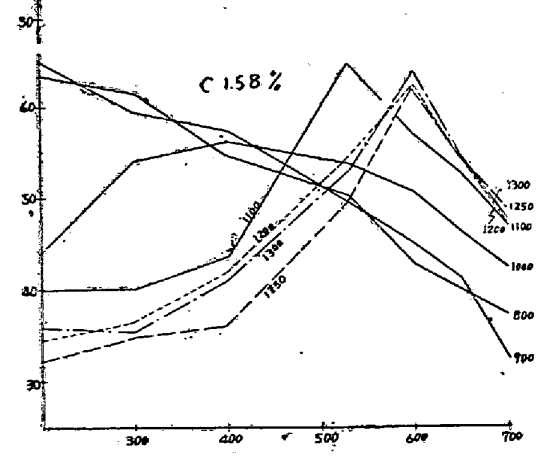
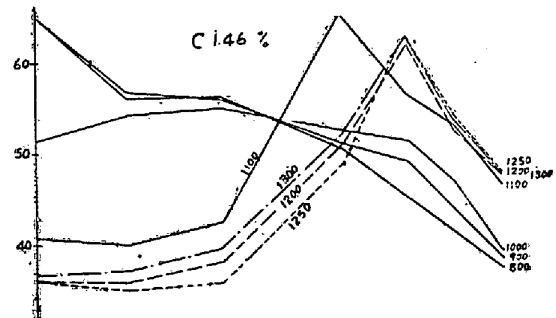
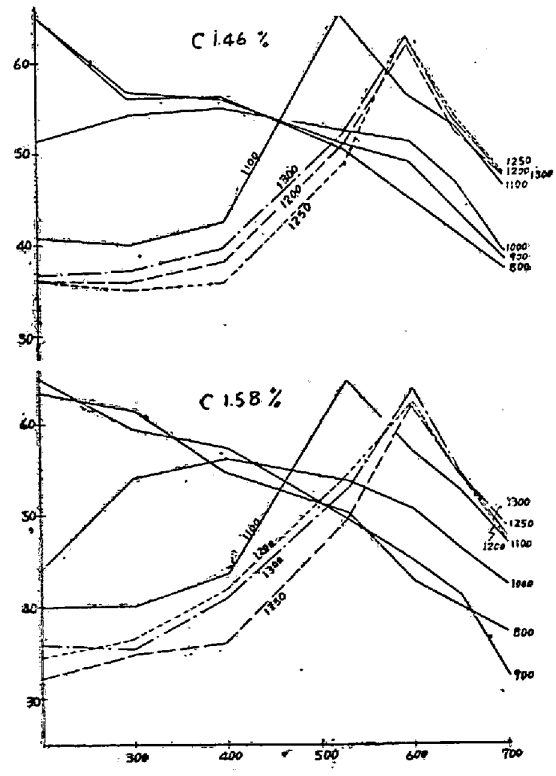
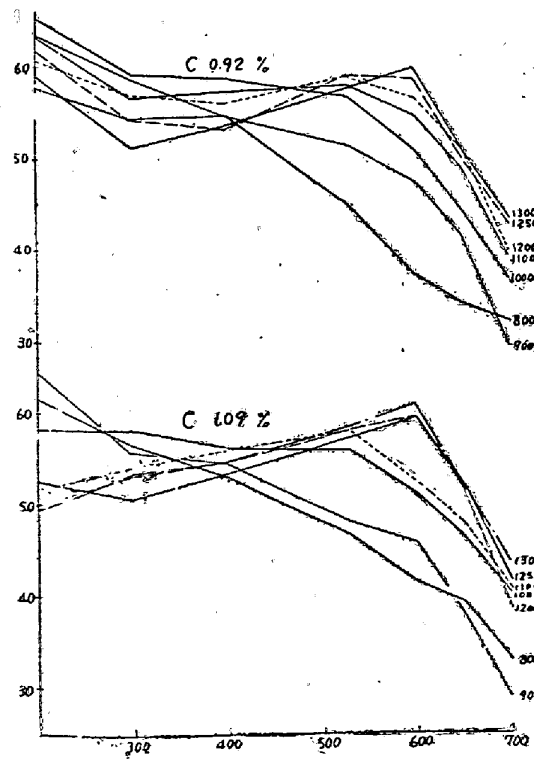
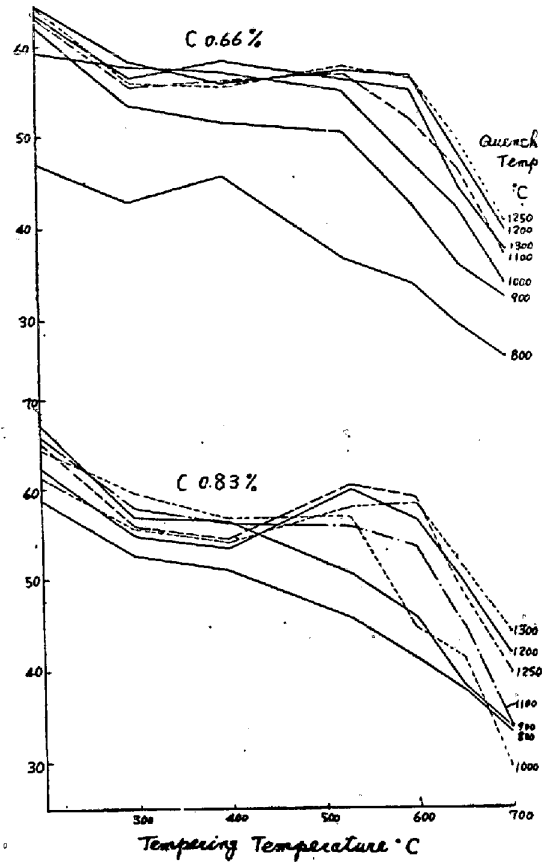


Fig 4(2)



Tempering Temperature °C

Fig 4(3)

C 0.66% 試料でも一般に硬度が高くなつた外は、概して同様の變化を示す。C 0.83, 0.92% 試料では 800° 焼入でも十分に焼が入つて居り、800~900° の如き比較的焼入温度の低い試料では焼戻温度上昇と共に硬度は徐々に減少するのみであるが、約 1200° 以上より焼入したものは 550~600° 焼戻に於て明瞭に二次硬化を示して居る。C 1.10% 試料では焼入温度が 900° 以下のものでは焼入硬度は高いが、焼戻温度上昇によりこれが徐々に減少するに對し、1100° 以上より焼入した試料では焼入硬度は低い焼戻温度上昇によりその硬度は 550~600° 迄は増加して行き、焼入温度 1000° 以下の試料のそれよりも却つて大となり、更に焼戻温度が上る時は減少する。かゝる焼入温度高きもの、焼戻硬化は C 1.46, 1.58% 試料では特に著しく、例へば 1200~1300° より焼入したまゝでは HRC 約 35 であるが 600° 焼戻により約 63 に迄増加する。

IV. Cr3, W5% 系試料に就ての實驗結果

(1) 變態温度

前記成分表及第 1 圖中に併記したが、前系に比し一般に温度が低く、又 C 0.24, 0.31% の 2 試料のみは二段變態をなす。C 1.34% 迄は C 量増加により少しく變態温度が低下するが、これ以上は殆ど變化がない。

(2) 焼入温度による硬度の變化

第 5 圖に示す。概略の變化の傾向は前系試料に似て居る、唯低 C 試料に於て焼入温度が低くても硬度が前系の場合と異つて餘り小さくなく且 900° 以上より焼入したものは焼入温度により殆ど硬度に差異がない。C 0.71% 迄は概して何れの焼入温度に於ても C 量増加により硬度が増して居るが、その増す割合は前系試料の場合よりは

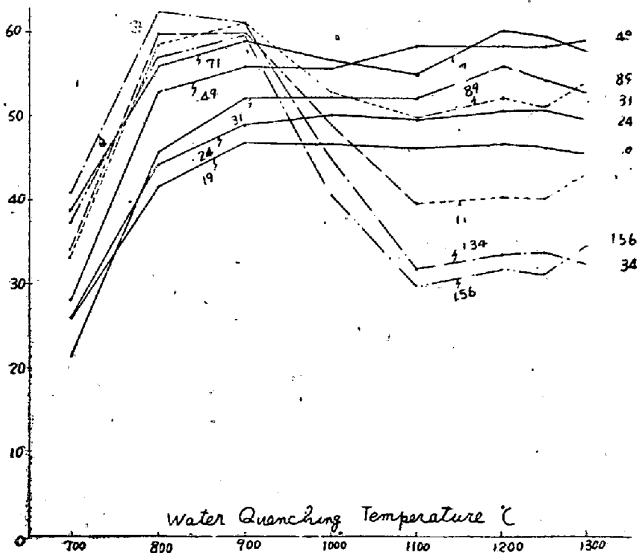


Fig. 5

少い。更に C がこれ以上の試料では 800~900° 焼入で HRC 約 60 なる最高硬度を示し、これよりも焼入温度上昇する時は 1100° 迄は急激に減少しこれ以上は殆ど變化がないが、この減少する割合が C 量多いもの程大なる點は前系試料と同様である。

(3) 温度及 C 量による組織の變化—状態圖の構成

前系と同様 Cr 約 3% W 約 5% 一定とした場合の C 量及温度による組織の變化を示す状態圖を構成した、第 6 圖はこれを示す。

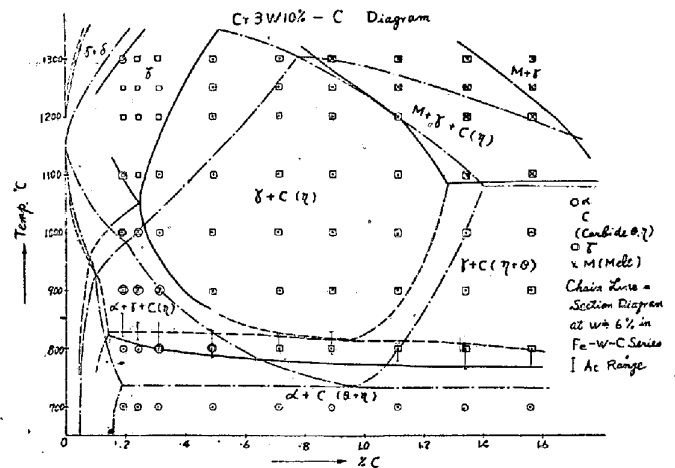


Fig. 6

今代表的なるもの、顯微鏡組織を示すと次の通りである、即寫眞第 7 は C 0.19% 1100° 水冷で針狀マルテンサイトの外に僅かの α を混じて居る様で、 γ と $\gamma + \alpha$ との境界に當ると思はれる。寫眞第 8 は C 0.24% 1250° 水冷で完全に均一な γ 界域に屬するもの、寫眞第 9 は C 0.31% 1100° 水冷で、ピクリン酸腐蝕のみでは炭化物の存在が不明瞭であるが更に赤血鹽で腐蝕すると僅かに炭化物の存在を確認する事が出来、本試料を 1200° 水冷したものではもはや認められない故に、これは $\gamma + C$ の界域に當るのであらう。寫眞第 10 は C 0.49% 800° 水冷で熱膨脹試験によれば Ac 變態が進行中焼入れたものであり、硬度の點からも $M + C$ の外に未變態の α を混じて居ると思はれる。又 C 0.19~0.31% の試料では 1300° 水冷で結晶粒が肉眼でも見える程に粗大化して居るが、C 0.49% 試料ではその様な事はない、蓋し炭化物の點在により結晶粒の成長が抑制されるのであらう。寫眞第 11 は C 0.89% 1250° 水冷で $M(\gamma) + C$ 、寫眞第 12 は C 1.11% 1250° 水冷で $M(\gamma) + C + Melt$ を示す。C 0.89% 及 1.11% 試料のみは 1100° 以上の加熱では閃光狀マルテンサイトが表はれて居る。寫眞第 13~15 は何れも C 1.34% 試料で、1000° では未だ全然 Melt が表はれないが、1100° では少量、1250° では相當量の Melt が粒界

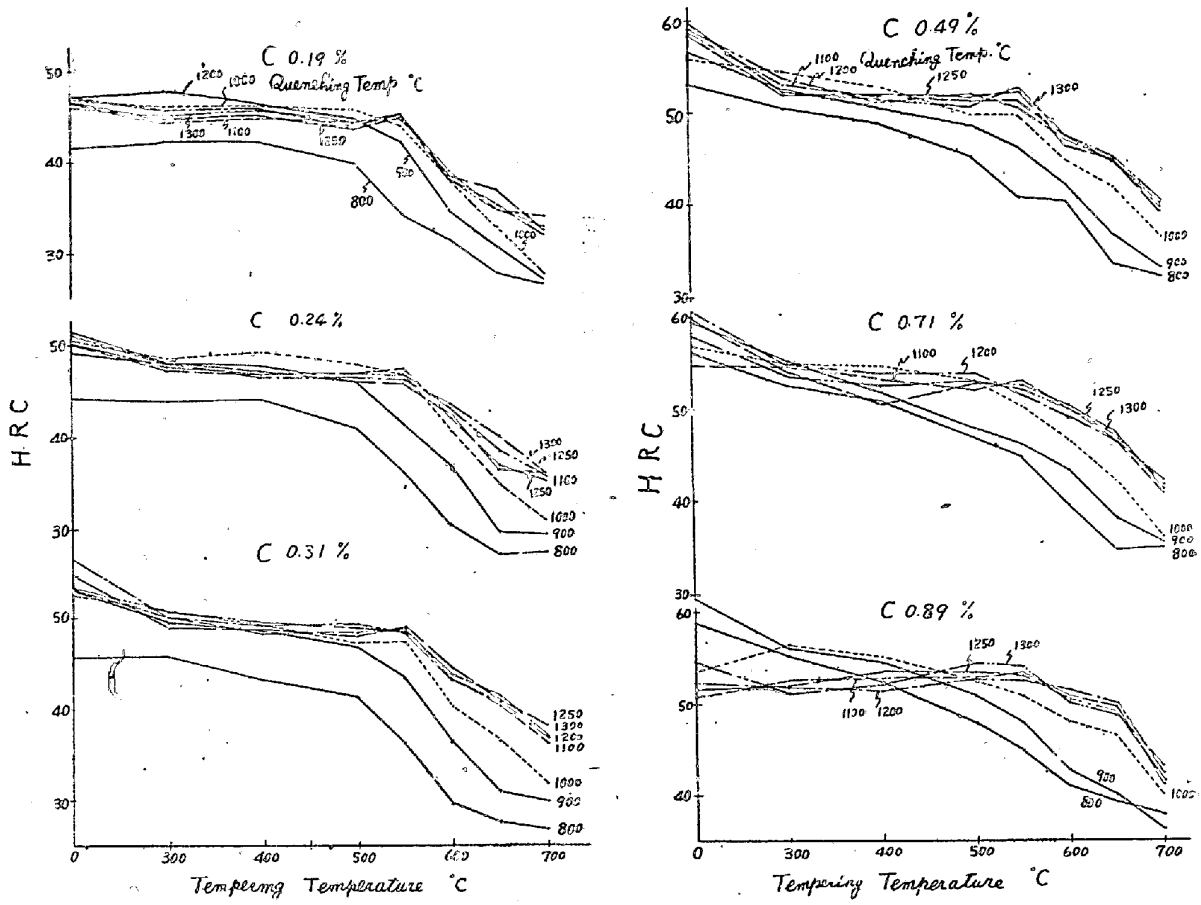


Fig. 7 (1)

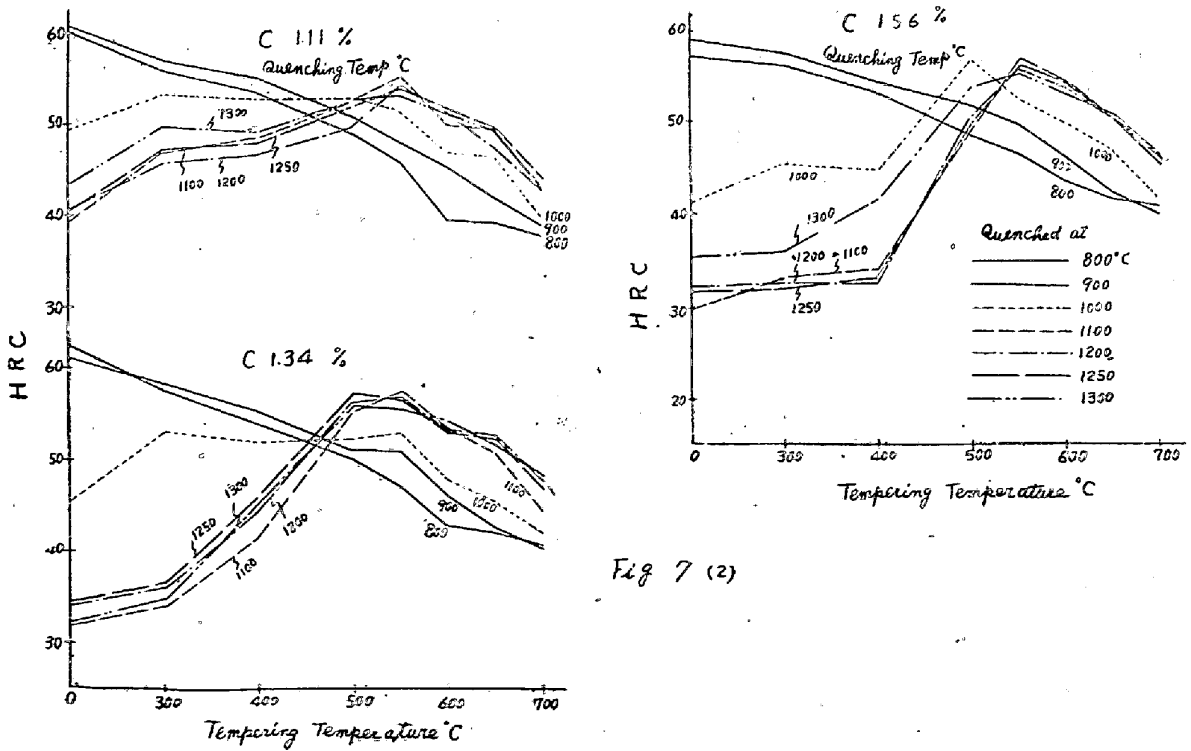


Fig. 7 (2)

に認められる。(寫眞省略)

これを Fe-W-C 系の W6% に於ける切斷狀態圖*と比較すると、前系の場合と同様概して各界域の境界線が上方にずれて居り、特に γ 界域は左上方に押し狭められて居るが、高 C 試料に於て Melt の出始める温度は前系の場合と異り Cr を 3% 添加しても大差がない。系の場合と異り Cr を 3% 添加しても大差がない。

(4) 焼戻による硬度の變化

第 7 圖 (1)(2) に示す。各試料に於て焼戻温度による焼戻硬度の變化が、特に C 量の低いものでは W10% の場合よりも少い爲に、曲線の重複するものが多い。C 0.19~0.31% 試料では焼戻温度が 500~550° 迄は硬度は殆ど減少しないが又は極く僅かに減少するに過ぎず、これ以上では徐々に減少する。尙この際焼戻温度が 500° 以下に於ては 900° 以上より 550° 以上に於ては 1000~1100° 以上より焼戻した試料は殆ど同一硬度を示すが、これ以下より焼戻したものであるものでは焼戻温度低きもの程若干硬度が小さい。所が C 0.49~0.71% の 1100° 以上より焼戻した試料は焼戻温度が大約 300~500° に於て硬度が變化しないか或は若干の増加を示し、これ以上焼戻温度が上ると減少して僅か乍ら二次硬化を示す。C 0.89% 試料ではこの傾向が更に著しくなり、C 1.11% 試料では 800~900° 焼戻したものは焼戻硬度高く HRC 60 を示すが焼戻温度上昇と共に硬度は減少するに反し、焼戻温度 1100° 以上の試料では焼戻硬度は HRC 40~45 であるが、焼戻温度上昇と共に徐々に増加して 550° に於ては約 55 近くを示し、800~900° 焼戻試料のそれよりも大となり、更に焼戻温度が上ると減少する。然して 1000° 焼戻試料の硬度はその中間の變化をする。かゝる變化傾向は C 1.34, 1.56% では更に著しくなり、C 1.56% 試料では 1000° 焼戻試料も又焼戻温度 500° に於て著しき二次硬化を示して居る。

V. 總 括

以上述べた所を總括すれば次の如くである。

1) 熱間ダイス鋼或は低 W 高速度鋼への應用を目的とし、Cr 約 3, W 約 10% 及 Cr 約 3, W 約 5% の 2 系統に及ぼす C 0.2~1.6% の影響に就き基礎的實驗を行つた。

2) A_1 變態温度は高 W 系では 0.83% 迄、低 W 系では 1.34% 迄は C 量が増加する時は少しく低下するがそれ以上は變化がない。

3) 700~1300° 水焼戻した場合の硬度は、高 W 系では 0.83% 迄、低 W 系では 0.71% 迄は C 量増加と共に増加し、且前者では A_1 變態温度以上でも焼戻温度上昇により硬度が徐々に増加するが後者ではその様な事はない。C がこれ以上の試料の硬度は兩系共に 800~900° 焼戻で最高を示し、更に温度が上昇すると硬度が減少し、その減少する割合は C 量の多いもの程著しい。

4) 各焼戻試料を檢鏡して兩系に就き温度及 C 量による組織の變化を示す狀態圖を構成した。これを Fe-W-C 系に於ける W10 及 5% に於ける切斷狀態圖と比較すると、Cr 約 3% の添加により各界域は概して左上方にずれて居るが、低 W 系で Melt の出始める温度は殆ど變化しない。

5) 焼戻による硬度の變化は兩系共に低 C 試料に於ては何れの温度から焼戻したものであるも約 550° 迄は焼戻温度により殆ど變化なく、これよりも高温度では若干低くなる。所が C 量が多くなるに従ひ焼戻温度の低いものは低 C 試料の場合と同様であるが、高温度より焼戻したものは焼戻温度 550~600° に於て二次硬化を示す様になる。これは兩系共に C 約 0.8%, 焼戻温度約 1200° 位から明瞭に現はれ、C 1.3~1.4% 焼戻温度 1200° 以上の焼戻試料では焼戻温度 550~600° に於ける硬度増加が著しい。

終りに臨み終始御指導を賜つた渡邊社長、玉置研究部長、並びに村上武次郎先生に謝意を表します。

尙本實驗は梅田忠義君が當社在職中熱心に遂行したものである。同君の御努力を謝す。(昭 23. 10. 寄稿)

文 献

1) 武田修三、金屬の研究、6 (昭 4), 509.

* ピクリン酸によつて θ , η は共に腐蝕せられないが、赤血鹽によつては η 相は數秒間で着色し、 θ 相は常温では殆ど着色しない。

* 武田博士の報告には W5% に於ける切斷狀態圖がない爲、その報告中に掲載されて居る W6% のそれと比較した、蓋しこれにより W5% の場合でも 6% の場合と大差なく類推出来るからである。