

鐵 と 鋼 第二十四年 第八號

昭和十三年八月二十五日發行

論 說

鋼の焼入硬化に及ぼす特殊元素の影響 (II)

(第 3 回工學會大會講演 昭和 11 年 4 月)

三 神 正 苗*

EFFECTS OF SPECIAL ELEMENTS ON QUENCH-HARDENING PROPERTIES OF STEEL (II)

Masamitsu Mikami.

SYNOPSIS :—This paper deals with the influence of *Si*, *Mn*, *W*, *V* and *Mo* upon the quench hardening of Steel. Specimens were quenched at 750°, 800°, 850°, 900°, and 950°C in water and oil. The hardness was measured by means of a Vickers' Hardness Tester, at every distance of 1mm. apart along a diameter on a section which was ground off 5mm from the surface. By a differential dilatometer, the influence on the transformation point was measured. The micro-structure was also examined. From the hardness distribution on the sectional surface, the following conclusions are deduced:

Si increases the quench-hardening effect of Steel, and is available for hardening throughout the range from edge to center at a higher quenching temperature, but in the vicinity of 800°C. the effect is less than plain carbon steel.

Mn makes, therefore, quench-hardening of steel easy even at a low quenching temperature, the more manganese causes the greater quench-hardening effect. At a higher quenching temperature and with further increase of *Mn*, however, the hardness distribution at the edge of specimen indicates a lower value owing to retained austenite.

W increases the effect of hardening. At a low quenching temperature and with about 1.0% of *W*, there is little difference in hardness at the edge and center, when *W* content is increased to 1.5-2.0%, the edge indicates a hardened state for only 1-2mm in depth, but near the center it resembles plain carbon steel.

V helps to harden steel and causes little difference in hardness. The specimen containing *V*, may however, be quenched from 950°C in water or oil, whilst *V* has a less effect on the depth of hardening.

Mo, even if it is contained a little, affects the hardness markedly, and at a higher quenching temperature the hardness becomes lower than that at a lower quenching temperature.

本研究は先に第一報⁽¹⁾として共析鋼の焼入硬化に及ぼす *Ni*, *Cr*, *Co* 等の影響に就いて述べた, 本編に於ては *Si*, *Mn*, *W*, *V*, *Mo* の5種類につき其影響を研究したものである, 素材としての炭素鋼は前報のものと同材にして試料の製法及製作又熱処理の方法等も前研究と全く同様である 上記5種の元素は夫々 0.5, 1.0, 1.5, 20% の割合を以て加調した, 然しながら試料の分析結果は豫期の割合に反したのも 1~2 種あるが大體に於て所定の成分を示してゐ

る. 第1表に各試料の分析結果を, 第2表には熱膨脹計に

第 1 表 各試料分析結果

種 類	試 料 番 號	試 料 番 號			
		No. 1	No. 2	No. 3	No. 4
<i>Si</i> 鋼	<i>Si</i> %	0.45	0.86	1.34	2.05
	<i>C</i> %	0.82	0.87	0.81	0.85
<i>Mn</i> 鋼	<i>Mn</i>	0.66	1.14	1.55	2.01
	<i>C</i>	0.81	0.96	0.85	0.94
<i>W</i> 鋼	<i>W</i>	0.58	0.92	1.44	2.22
	<i>C</i>	0.93	0.92	0.81	0.93
<i>V</i> 鋼	<i>V</i>	0.65	1.27	1.46	1.89
	<i>C</i>	0.99	0.92	0.94	0.92
<i>Mo</i> 鋼	<i>Mo</i>	0.61	0.97	1.52	1.99
	<i>C</i>	0.86	0.84	0.84	0.95

* 秋田鑛山専門學校

¹⁾ 本誌第 20 年 第 5 號

第2表 變態點測定結果

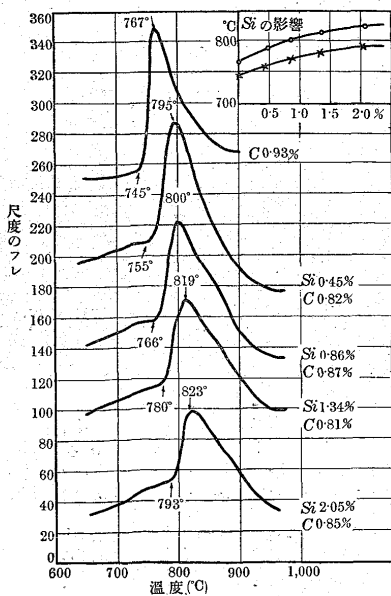
試料番號	Ac ₁ 始點 °C	Ac ₁ 終點 °C	試料番號	Ac ₁ 始點 °C	Ac ₁ 終點 °C
Si 鋼	No. 1	755	V 鋼	No. 1	755
	No. 2	766		No. 2	755
	No. 3	780		No. 3	755
	No. 4	793		No. 4	764
Mn 鋼	No. 1	744	Mo 鋼	No. 1	757
	No. 2	738		No. 2	757
	No. 3	735		No. 3	762
	No. 4	726		No. 4	761
W 鋼	No. 1	755			
	No. 2	755			
	No. 3	755			
	No. 4	754			

よる變態點測定結果を示す。

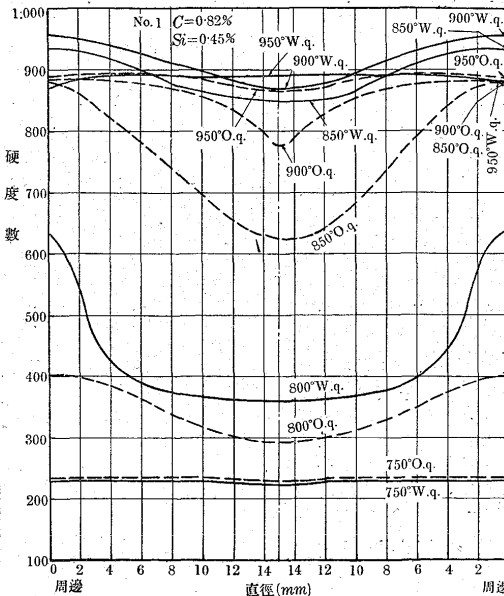
1. 珪素の影響

示差熱膨脹計により Ac₁ 點の移動及び珪素の増加による A₁ 變態範圍等を確認した。0.5% Si の加調により Ac₁ 點は 755°C に始まり 795°C に了はる、而して Si の増加と共に漸次 Ac₁ の始點は上昇すると共に A₁ の量を激減して来る、第1圖 a, b により明かなる如く佐藤知雄氏¹⁾ 及 H. A. Schwartz²⁾ の結果とよく符號す。Vickers の硬度數と試料断面の全體に互る顯微鏡試験の結果を第3表より第6表に示す、即ち Si 0.45, 0.86, 1.34, 2.05% 及炭素量 0.81~0.87% なる4種類の試料につき 750°C より 50° 置きに 950°C まで5種類の温度より水焼入及油焼入をなし是等の試料につき硬度の測定を試みた、第2

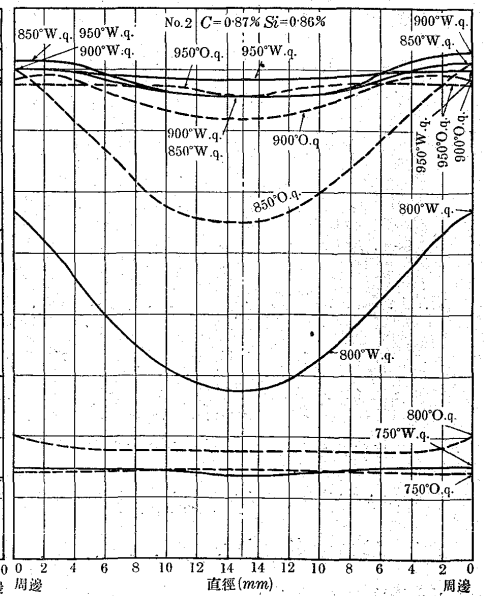
第1圖 (a) (b)



第2圖



第3圖



~9 圖中點線は油焼入、實線は水焼入の結果を示す、

Si No. 1. (Si 0.45%, C 0.82%) 第2圖, 第3表

第3表 Si No.1 (Si 0.45%, C 0.82%) 水焼入

焼入温度 °C	測定場所	硬度 (Vickers)	顯微鏡組織	備考
750	周邊	230	P~T+C	粒狀パーライト
	中央	225	P~T+C	
800	周邊	650	M+C+T	周縁にはTなし M微量, C少量
	中央	355	T+M+C	
850	周邊	935	M+C	Cは粒狀化 M+C 凝集せるC多し
	中央	855	M+C	
900	周邊	925	M+C	中央にC多し
	中央	880	M+C	
950	周邊	875	M+C+(A)	Mの針狀周縁のものに比 して大なり
	中央	885	M+C	
同 上 油 焼 入				
750	周邊	225	P+C	Cは粒狀化、Pも粒狀化 Cは境界に
	中央	225	P+C	
800	周邊	410	T~P+C	Tはマルテンサイト 中央にT多し
	中央	290	T~P+C	
850	周邊	900	M+C+T	周縁にTなし 中心にM少し
	中央	610	M+T+C	
900	周邊	885	M+C	周縁と中央の中間にTあり T少し
	中央	780	M+C+T	
950	周邊	885	M+C	Cは中央に稍多し
	中央	860	M+C	

750°C に於ては水焼入、油焼入とも殆ど變りなく焼入効果は認め難い、而して Ac₁ は第1圖 b に見る如く 750°C 附近より 800°C 附近まである温度範圍を有し、此焼入にあつては加熱の際の温度を採用せる結果 A₁ 附近に於て一定時間焼鈍せしこととなり、従て組織はパーライト内のセ

1) 佐藤知雄氏: 珪素鋼の變態, 金研第7卷第4號 p. 202

2) H. A. Schwartz: Effect of silicon on equilibrium of system Carbon-Iron near eutectoid pt. Tr. Am. Inst. of Mining and Met. Engineers.

メントイト及初析セメントイトは粒狀化し、普通炭素鋼と大差なき組織である 800°C の焼入に於て始めて硬化現象を示す、即ち 800°C 水焼入に於ては周縁はマルテンサイ

57x25 = 1425

ト、其より 1~2mm 内部に入て少量のトルースタイトを含むに至り、又 4mm 附近では約 40% (目分量) 位のトルースタイトの量となり、中心附近は少量のマルテンサイト及炭化物を含む組織となり硬度の分布状態は第 2 圖に示す如くなる。850°C より焼入れたものは水中及油中何れも充分なる焼入効果を示し殊に水中にて処理したるものは周縁は 935, 中心は 855 の硬度を示し第 2 圖に見る如く中心部までも相當の硬さを有す。油中焼入にあつては周縁と中央では硬度に相當の差を有し V 字形の分布状態をとる之等の顕微鏡組織は水中焼入のものはマルテンサイトの地に相當量の粒状炭化物を含み、油中焼入のものは周縁 1~2mm の間はマルテンサイトと炭化物丈けなれども 3mm 附近よりトルースタイトを含むに至り、中央に向ふに従て漸進的に増加し同時にマルテンサイトは漸減することとなる。900°C の水中焼入は 850°C より同様に処理したるものに比し總體的に硬度を増し、又 950°C より水中焼入のものは周縁、中央ともに殆ど差なく寧ろ周縁は低下する傾向を示す。此顕微鏡組織は周縁がマルテンサイトの針状組織は餘り確然とせず、而して腐蝕の比較的容易なる點より推して周縁には少量のオーステナイトを残留するものと考へることが出来る、又 900 及 950°C より油中に焼入したものは水中焼入に比し總體的に硬度は低位にあり、殊に 990°C より油焼入したものは其硬度の分布状態は中央近くに小さい V 字形をなす、950°C より焼入せるものは水焼と略同様の結果を示すこと第 2 圖の如し、而して組織は 900°C にて処理せるものも周縁 4mm 位より微量のトルースタイトを混入し中央は相當に認め得る程度となる。950°C にあつてはトルースタイトは認め難く、オーステナイトの存在も亦顕微鏡にては判然せず。

之れを要するに Si 0.45%, C 0.82% の成分のものは炭素鋼と同様 800°C たり焼入硬化を示すが温度の上昇と共に硬化状態は漸次内部に及し周縁と大差なきに至る、特に水焼入にあつては 850°C よりトルースタイトの存在は認められず 950°C に至て組織はオーステナイトを混入するものと解される。油中にて処理するときは 900°C までは中央に少量のトルースタイトが認められる(第 3 圖第 4 表) **Si No. 2** (Si 0.86%, C 0.87%)

第 1 表及第 1 圖 a に示す如く A_{c1} の始點 766°C 終點 800°C にして 750°C の焼入にあつては硬化の現象は認め難いが 800°C に処理したものは水浴の場合に於て明かに

焼入効果を示すに至る(第 3 圖) 油中焼入にあつては周縁

第 4 表 No.2 (Si 0.86%, C 0.87%) 水焼入

焼入温度 °C	測定 場所	硬 度 (Vickers)	顯微鏡組織	備 考
750	周縁	245	P+C	P 粒状化
	中央	230	P+C	
800	周縁	670	M+P+C	P 少量 T 少量
	中央	375	M+T+C	
850	周縁	910	M+C	T 極少量
	中央	850	M+T+C	
900	周縁	920	M+C	
	中央	855	M+C	
950	周縁	900	M+A+(C)	
	中央	885	M+A	
		同	上	油 焼 入
750	周縁	240	P+C	
	中央	240	P+C	
800	周縁	300	T~P+C	
	中央	280	T~P+C	
850	周縁	900	M+C	周縁 4mm より T 混入
	中央	650	M+T+C	
900	周縁	885	M+C	M 腐蝕され易し T 極少量
	中央	825	M+T+C	
950	周縁	875	M+A+C	A 検鏡では明瞭を缺く
	中央	860	M+A+C	

P=パーライト, T=トルースタイト, M=マルテンサイト
C=炭化物

微かに硬度の上昇を示すが組織上には第 4 表に示す如くマルテンサイトらしきものを認め得ず、水中焼入にあつては周縁マルテンサイト及粒状パーライトの組織を示す、此粒状パーライトは焼入温度比較的低いため A_{c1} 變態への進行途中に於て生じたるものなるべく、又此試料を仔細に検鏡するときは周縁より 4~5mm のところに普通のトルースタイトを見出すことが出来る。即此ものは一旦オーステナイトの状態になってから冷却の途中に生じたものと解し得べく。従て此トルースタイトは少量であることが勿論である。要するに Si 0.86% の試料にあつては 800°C より水中焼入を行たものは A_1 變態の途中より焼入れた結果となるので A_1 變化を完了したる部分で且周縁に近き冷却速度の早い箇所では全部マルテンサイトとなるが中心に向ふにつれて一部分はトルースタイトにまで進み又 A_{c1} 變態の途中にあるものはパーライト中のセメンタイトは粒状化して前記の粒状パーライトを見出すこととなる。之れが温度の上昇に従ひ A_1 變化を完了したものは前述の如きパーライトの組織は見ることが出来ない。(第 4 表 850°C 参照) 中心の比較的冷却速度の遅き部分に於てはマルテンサイトより焼鈍によつて生じたトルースタイトの混入を見る。尙ほ温度が上昇し 900°C 以上になれば水焼入にあつては全くトルースタイトの存在なく 950°C に至てオーステナイトの残留が思考される。是れは第 3 圖に於て周縁の硬度は 900°C と水焼入の場合が最高を示し 950°C にあつては 850°C の場合よりも尙低下し居る結果より容易に想

像することが出来る。又油中焼入に於ては900°Cまでは中心にトルースタイトの混入を見るが950°Cに至れば是れ又痕跡をも見ることは出来ない。水中焼入と同様にオーステナイトの残留を想像されるが組織の上では明瞭でない。而して此試料にあつても水中焼入と油中焼入とを比較する時は總じて前者は硬度高く且つ周邊より内部に及ぶ焼入効果は大なりと云ふことが出来る。950°C油中焼入にあつては周邊より10mm位までは硬度に変化なく中央近くに於て稍低下せる傾向を見るのみ。

Si No. 3. (Si 1.34%, C 0.81%) 第4圖, 第5表

750 及 800°C の温度に於ては焼入による硬化は認めら

第5表 Si No.3 (Si 1.34%, C 0.81%) 水焼入

焼入温度 °C	測定 場所	硬 度 (Vickers)	顯微鏡組織	備 考
750	周邊	255	P+C	P粒状
	中央	255	P+C	
800	周邊	265	T~P+C	T~P+C
	中央	265	T~P+C	
850	周邊	950	M+C	T微量
	中央	800	M+C+T	
900	周邊	920	M+C	M+C
	中央	850	M+C	
950	周邊	925	M+C+A?	C微量
	中央	870	M	

同 上		油 焼 入		
750	周邊	250	P+C	P+C
	中央	250	P+C	
800	周邊	290	T~P+C	周邊のT腐蝕し難し
	中央	290	T~P+C	
850	周邊	875	M+C	周邊4mmよりT混入
	中央	535	M+T+C	
900	周邊	900	M+C	T少量
	中央	850	M+T+C	
950	周邊	880	M+C+A?	M+C
	中央	880	M+C	

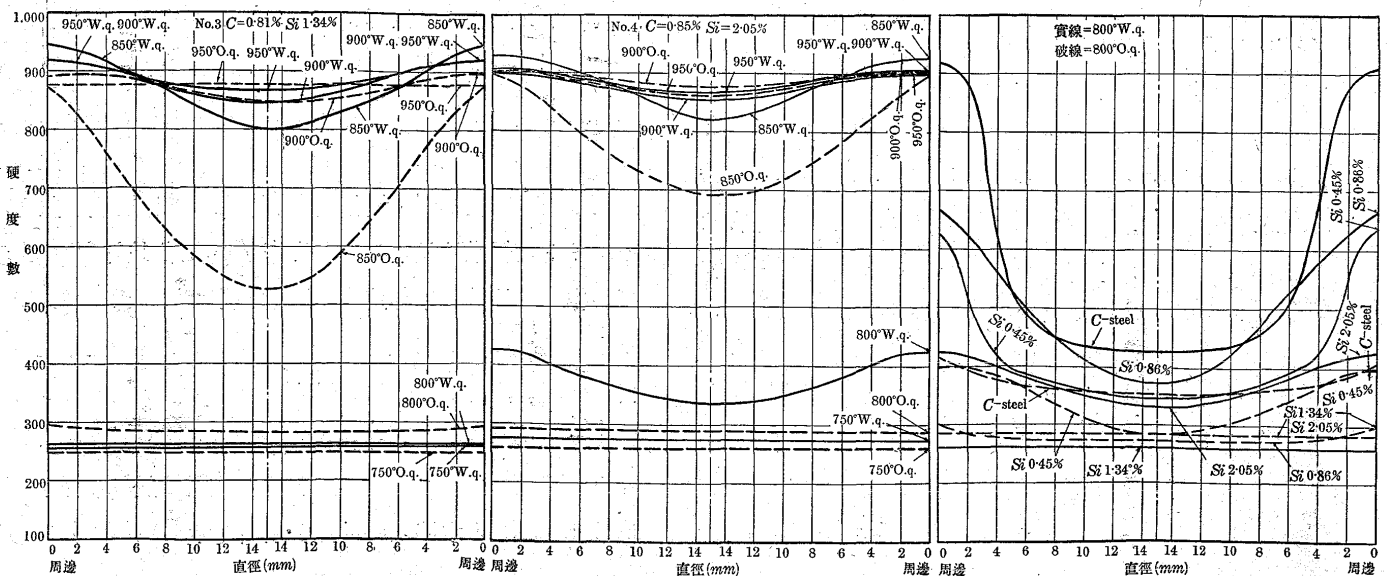
P=パーライト, T=トルースタイト, M=マルテンサイト

C=炭化物

第 4 圖

第 5 圖

第 6 圖



れない。此試料に於ては第1圖aに示す如く Ac_1 は $780 \sim 819^\circ$ なる温度範囲を示す故焼入組織も第5表に見る如く大半は粒状パーライトにして $800^\circ C$ に処理せるものにトルースタイトの部分を見得るのは明かに Ac_1 範囲に入て間もなく焼入せられたるものなることを示すものである。 $850^\circ C$ に至て硬化の状態を示すと同時に $850^\circ C$ 油中焼入を除いては其他の温度よりの焼入硬化は焼入浴(水油)の如何に關せず大同小異の硬化狀況を示す、 $850^\circ C$ より水中焼入をなしたものは周邊の硬度は他の何れの温度より焼入したるものよりも高い硬度を示すが中心に及ぶ狀況は、より高い温度より焼入したるものに比しては効果的でない。而して油中水中何れの浴にても此温度よりの焼入れは周邊はマルテンサイト及炭化物丈けの組織にして中央部のトルースタイトの混入に於て其多寡を見る。即水焼入では中心に近く微量のトルースタイトを有するのみなれども油焼入では周邊より4mm位のところからトルースタイトを混入する結果第4圖に示すが如き硬度の差を生ずるものとなる。

900, 950°C にあつては水焼入をなしたるものは周邊の硬度は同一なれども中央は950°Cの方稍高い。油焼入にあつては900及950°Cのものを比較するに周邊は前者は少しく高いが中央は後者が相當高く結局高温より焼入れたものは其効果は中心部まで深く及ぶことを示してゐる。

Si No. 4 (Si 2.05%, C 0.85%) 第5圖, 第6表

750°C にあつては水, 油兩浴共焼入効果なし。800°C に至ては油浴のものは變化ないが水浴のものは僅かに硬化

57 x 23 = 13.11

2
13/A

状態を示す。即水浴のものは周囲のマルテンサイトにパー

第 6 表 Si No.4 (Si 2.05%, C 0.85%) 水焼入

焼入温度 °C	測定 場所	硬 度 (Vickers)	顕微鏡組織	備 考
750	周辺	275	P+C	Pは層状, 粒状混在
	中央	275	P+C	
800	周辺	425	M+C+T	C細かく全面に分布
	中央	340	M+T+C	
850	周辺	930	M+C	C細かく全面に分布
	中央	825	M+C+T	
900	周辺	900	M+(C)	A明瞭ならず
	中央	850	M+(C)	
950	周辺	900	M+(A)	A明瞭ならず
	中央	860	M+(A)	
同 上 油 焼 入				
750	周辺	260	P+C	C極少量
	中央	230	P+C	
800	周辺	290	P~T+C	C極少量
	中央	290	P~T+C	
850	周辺	900	M+C	C極少量
	中央	680	M+T+C	
900	周辺	900	M+C+(A)	C極少量
	中央	875	M+C+(A)	
950	周辺	900	M+A+(C)	C極少量
	中央	860	M+A+(C)	

P=パーライト, T=トルースタイト, M=マルテンサイト
C=炭化物

ライトのコロニー状に介在するを見る、之れ Ac_1 の途中より焼入されたことを示すもので、事實又第 1 圖hにより明かなる如く此試料の Ac_1 は 793°C に始まり 823°C に了てゐる。而して 800°C より油焼入せるものは一様な粒状パーライトの組織内にトルースタイトの部分が点在し周辺は稍マルテンサイトの觀を呈す。 850°C にあつては第 5 圖に見る如く充分硬化現象を表はす。 850°C 水浴にあつては其周辺の硬度は此試料中の最高を示し 900 及 950°C にあつては周辺は同一硬度を表はすが中央部は温度の高いもの程高いこと圖及表に示す通りである。油浴にあつては硬度の分布状態は 850°C では周辺より直に降下し中央との硬度差は大きい 900 及 950°C に於ては周辺附近の硬度は水浴の 900°C のものと等しく中央は水浴、油浴を通

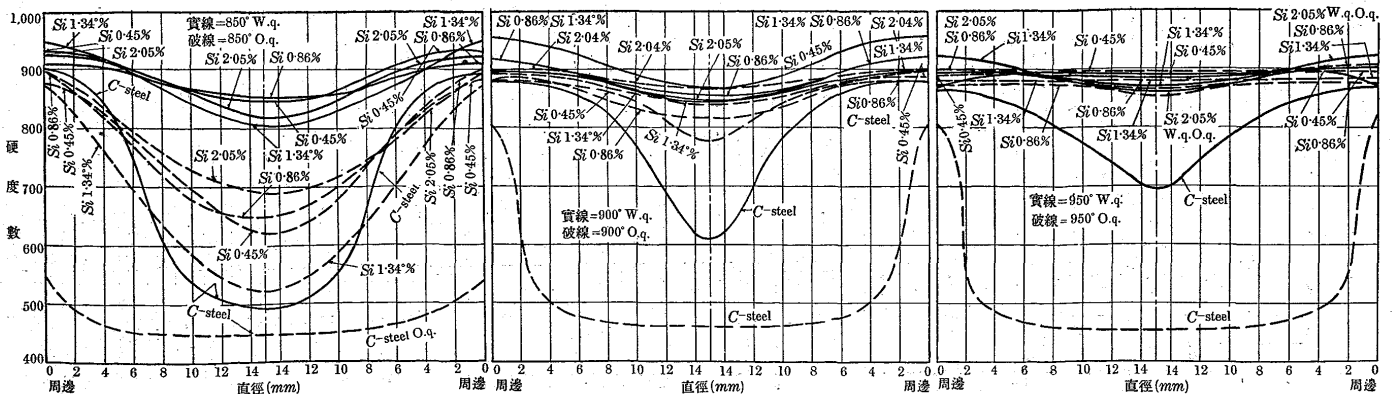
じて 900°C 油浴のもの最高を示す。之等の顕微鏡組織は 850°C 水浴に於てマルテサイトの最も細かき針状を有する外温度の上昇と共に針状結晶は大となる。 850°C 油焼入に於ては周辺より 5mm 位まではトルースタイトを見ることなく 950°C にあつては周辺には明瞭にオーステナイトを認めることが出来た。

次に此系に於て温度を一定にし珪素含有量による焼入硬化の影響を観察するに第 6~9 圖の如くなる。何れの含有量のものでも 750°C より焼入れたものは硬化を示さぬ故考察することを省く。 800°C に於ては第 6 圖の如く何の試料も炭素鋼に比して硬化は頗る貧弱なり。然も此温度に於ては珪素含有量の多いもの程硬化効率の薄きことが明かに觀取される。蓋し珪素の含有と共に A_1 の上昇を來すに原因するものなるべく、又 $Si\ 2.05\%$ を含有するものは $Si\ 1.34\%$ のものよりも少しく硬化状態を示すは α -鐵に對する珪素の固溶の結果と見ることが出来る 850°C より焼入れたものは第 7 圖に見る如く如何なる珪素含有のものも凡て炭素鋼の場合よりも焼入効果顯著にして油焼入にあつては珪素の含有量の増加と共に總體的に硬度を増加するが周辺の、比較的冷却速度の速い部分は珪素の含有量には餘り關係なく殆ど同様の硬度を示す。又周辺より中心に及ぶ影響も油浴の場合は其含量によつては著しき變化を見ず、但し水焼入の場合は珪素の含有により其効果を顯著にするが普通炭素鋼に比して内部に及ぼす硬化程度は必ずしも珪素の含有量に比例するとは言ひ難い 900°C より焼入れたものは普通炭素鋼に比し遙かに硬化顯著なるものがある。第 8 圖に見る如く水浴の場合は周辺及中心部共硬度は珪素の含有量増加すると共に低下するが $Si\ 0.45\%$ のもの以外は中央部に於ける硬度は殆ど同様である。油浴にあつては周辺の硬度は大體同値であるが中央附近は珪素の増加

第 7 圖

第 8 圖

第 9 圖



57 x 16 = 912

3

と共に硬度を増し且つ中央に於ける硬度差も珪素含有量により大となる。従て 2.05% Si の油浴のものは硬度の分布状態は周邊、中央とも大差なし 950°C にあつては第 9 圖に示す如く硬度分布状態は 1.34% Si 含有の水焼入せるもの及 0.86% Si の油焼入せる試料等は極めて浅き V 字形をなすが他は水油兩浴とも殆ど一樣の分布状態を示し全體的硬度も炭素鋼に比しては遙かに高く且つ内部に及す効果が大きい。之れを要するに、硬化の内部に及す深度は焼入温度高い程効果的であるが全體の硬度としては 850~900°C で最高硬度が得られる。珪素の添加によつて A_{c1} の上昇すること、同時に α -鐵に對して Si が固溶するための硬化と A_{r1} の遲滯を起す等の條件に支配されることが大きいと考へられる。

2. マンガンの影響

炭素量 0.81~0.96%, Mn 0.66, 1.14, 1.55, 2.01% の 4 種の試料につき前同様の試験を行ふた。Mn 元來鋼の變態點を降下せしめ且冷却速度の影響甚大なることは周知の事實であるが此研究に於ける Mn の最大含量は 2.0% 内外にして變態點への影響は第 10 圖 a, b に示す如く 2.01% Mn に於て A_{c1} の始點は 726°C, 終點は 754°C である。本實驗に使用せる炭素鋼の A_{c1} の始點 745°C, 終點 767°C に比し其降下は著しくないが Mn は變態點を降下せしむる影響以外に、變化を遲滯せしむる働を有するため焼入硬化は容易となる。

Mn No. 1 (Mn 0.66%, C 0.81%) 第 11 圖, 第 7 表 750°C より焼入したものは水浴, 油浴共に硬化状態は

認められない。顯微鏡組織も亦マルテンサイトは發見されない。第 7 表に示す如く周邊中央共にパーライト, トルースタイトに初析セメンタイトを含有するものである。然もパーライト中のセメンタイトは殆全部粒狀化す, 油浴のものはソルバイトの組織の方多い。

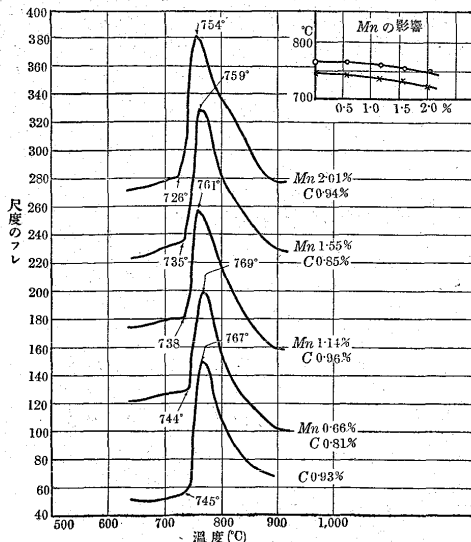
第 7 表 Mn No.1 (Mn 0.66%, C 0.81%) 水焼入

焼入温度 °C	測定場所	硬度 (Vickers)	顯微鏡組織	備考
750	周邊	200	T~P+C	P粒狀
	中央	194	T~P+C	
800	周邊	640	M+T+C	T微量
	中央	340	T+M+C	
850	周邊	895	M+C	周邊 4mm 位より T混在
	中央	645	M+T+C	
900	周邊	875	M	周邊 4mm 位より T混在
	中央	650	M+T	
950	周邊	825	M+(A)	T極微量
	中央	880	M+(A)+T	
同 上 油 焼 入				
750	周邊	218	S~P+C	P粒狀
	中央	218	S~P+C	
800	周邊	400	M+T+C	周邊より M激減, T相當量
	中央	340	T+M+C	
850	周邊	700	M+T+C	周邊の M腐蝕され易し
	中央	430	T+M+C	
900	周邊	860	M+T	T+M
	中央	550	T+M	
950	周邊	820	M+(A)+T	周邊 1mm 位より T微量
	中央	715	M+T	

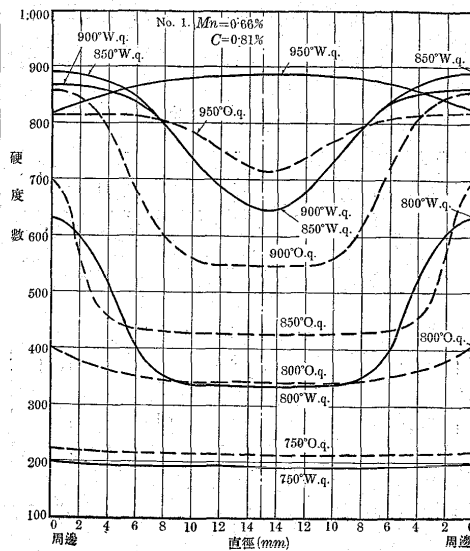
P=パーライト, S=ソルバイト T= トルースタイト, M=マルテンサイト, C=炭化物

800°C より焼入れたものは水浴, 油浴を比較するに中央附近 13mm 径位の範圍は同様の硬度を示すが, それより周邊に到るにつれて兩焼入浴による差は第 11 圖に見る如くに漸次に擴大す, 尙又顯微鏡組織は第 7 表に示す如く此等の試料は水浴のものは周邊のトルースタイト微量なれども油浴のものは相當多い 850 及 900°C の水中焼入に

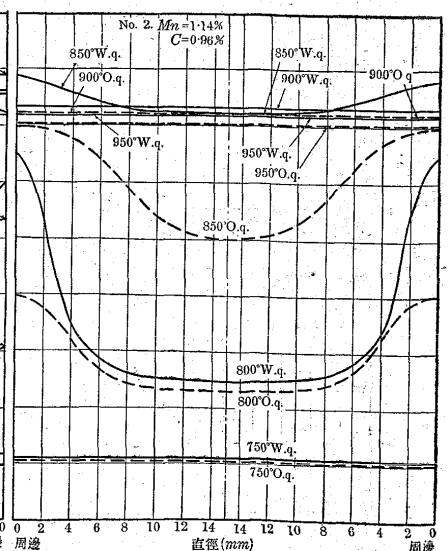
第 10 圖 (a) (b)



第 11 圖



第 12 圖



57 x 23 = 13, 11

4

於て周縁は 850°C のものは硬度高く 900°C より焼入れたものは却て硬度が低い。即周縁 7mm 位の範囲では周縁に向ふに従て 850°C のものは硬度は高くなる 850°C 油浴のものは 900°C より焼入れたものに比して總體的に其値低く又内部に及ぶ硬化程度も温度が低い丈け小さい。950°C より焼入れたものは水浴にあつては周縁の硬度 825 を示し第 7 表に見る如く 850 及 900°C より焼入れたものより遙かに硬度は低下してゐるが中央は硬度高く Vickers 880 を示す、油浴のものは周縁は水浴のものと殆ど同様であるが之れは浅き V 字形の分布状態を示す。是等の試料には周縁にあつては少くともオーステナイトの存在を見るべき筈であるが普通顕微鏡下では判然せない。

Mn No. 2. (Mn 1.14%, C 0.96%) 第 12 圖, 第 8 表 750°C より焼入硬化は認められないが 800°C に至て焼入硬化を示す。即水浴のものは油浴のものに比して硬度高く組織は周縁に於ては水浴のものはトルースタイト少量にして然も中央にはマルテンサイトの少量を含む、之れに反し油浴のものは一般にトルースタイトの量多く中心にはマルテンサイトは認めがたくなる。850°C より焼入れたものは水浴にあつては周縁はマルテンサイトと炭化物丈けの組織で此マルテンサイトにはオーステナイトの混在は確言することは出来ない。トルースタイトは周縁より 7mm 位のところに始めて見出され中心と雖も其量極めて少量で

第 8 表 Mn No.2 (Mn 1.14%, C 0.96%) 水焼入

焼入温度 °C	測定 場所	硬 度 (Vickers)	顯微鏡組織	備 考
750	周縁	210	P+C	P粒状
	中央	210	P+C	
800	周縁	750	M+T+C	T少量
	中央	350	T+M+C	
850	周縁	890	M+C	M稍オーステナイト
	中央	820	M+T+C	
900	周縁	835	M+C+(A)	
	中央	835	M+C	
950	周縁	825	M+A	
	中央	825	M+A	
同 上 油 焼 入				
750	周縁	210	P+C	P粒状
	中央	210	P+C	
800	周縁	500	M+T+C	
	中央	330	T~P+C	
850	周縁	805	M+T+C	
	中央	605	M+T+C	
900	周縁	825	M+T+C	T痕跡
	中央	825	M+T+C	
950	周縁	805	M+A	
	中央	805	M+A	

P=パーライト, T=トルースタイト, M=マルテンサイト
C=炭化物

ある。油浴のものも周縁の組織は水浴のものによく似てゐるが硬度遙かに低く(第 12 圖及第 8 表参照) 周縁 5mm

附近よりトルースタイトが存在し又中心附近のトルースタイトは相當量に達してゐる。900 及 950°C の焼入にあつては水浴及油浴共に、周縁と中央とに硬度の差なく何れも水平線にて表はされる程度の分布状態である。

組織は 900°C 水浴のものはオーステナイト的なれども油浴のものは然らず 950°C に於ては水油兩浴共にオーステナイトを混入す。

Mn No. 3. (Mn 1.55%, C 0.85%) 第 13 圖, 第 9 表 各温度より焼入れたる場合の硬度の分布状態を見るに 750°C に於ては水浴、油浴共に焼入硬化の現象認めがたし、組織は第 9 表に見る如く水浴のものは周縁はソルバイトにして内部は粒状パーライトであるが硬度の上には殆ど差を有せず、油浴は組織は全部粒状パーライトにして之れ又周縁及中心に硬度の差がない 800°C に処理したものは第 10 圖 b により當然硬化の顯はるべきものにして油浴にあつては第 13 圖の如く平滑な V 字形の分布状態を示す。周縁はマルテンサイトに微量のトルースタイトを混じ中心に至て少量の結節状トルースタイトの存在を明瞭にす。水浴のものは油浴のものより斷然高き度を示し、周縁より 6mm 附近に至て微量のトルースタイトを見る。

第 9 表 Mn No.3 (Mn 1.55%, C 0.85%) 水焼入

焼入温度 °C	測定 場所	硬 度 (Vickers)	顯微鏡組織	備 考
750	周縁	215	S~P+C	Sは周縁だけ
	中央	215	P+C	
800	周縁	855	M+C	
	中央	790	M+C+T	
850	周縁	850	M+C	Mは大オーステナイト的
	中央	775	M+C	
900	周縁	825	M+A	
	中央	765	M+A	
950	周縁	775	M+A	
	中央	825	M+(A)	
同 上 油 焼 入				
750	周縁	215	P+C	P粒状化
	中央	215	P+C	
800	周縁	730	M+C+T	T微量
	中央	525	M+C+T	
850	周縁	850	M+C	
	中央	785	M+T+C	
900	周縁	800	M+(A)	
	中央	755	M+(A)+C C微量	
950	周縁	705	M+A	
	中央	755	M+A	

P=パーライト, S=ソルバイト, T=トルースタイト
M=マルテンサイト C=炭化物

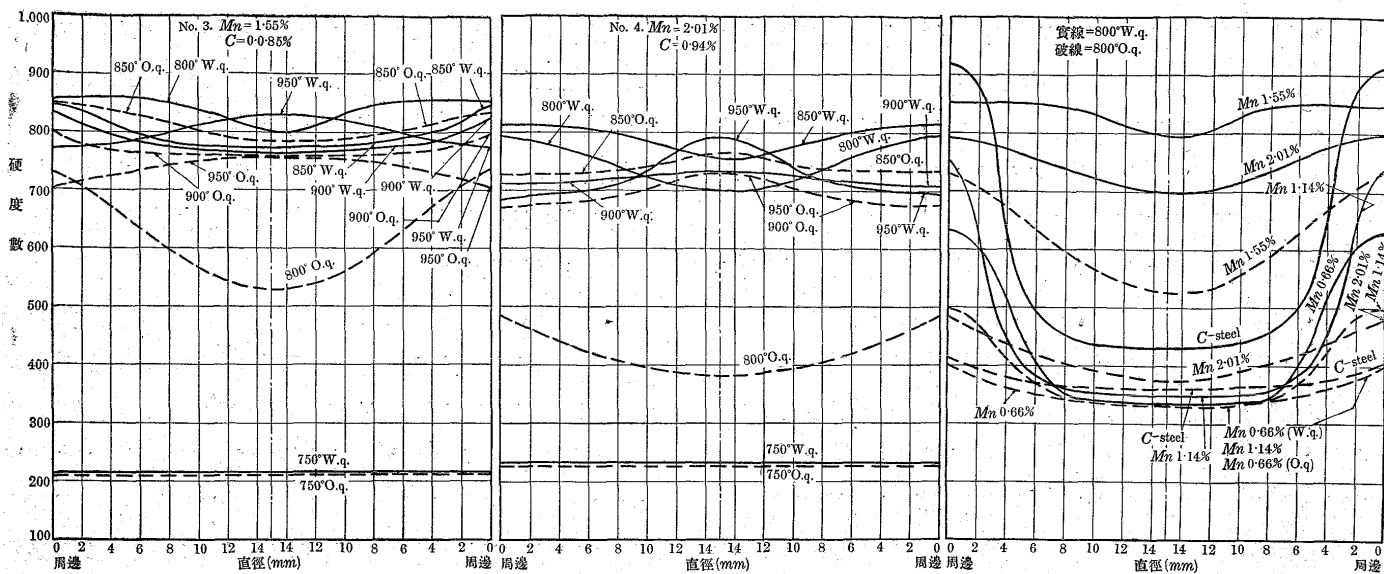
而して周縁より 5~6mm 附近は硬度の最高を示し、周縁に至るにつれて稍低下の傾向を表はす。中心の組織も少量のトルースタイトを混ざるマルテンサイトである 850°C に至て周縁は水浴、油浴共に同様の硬度を示し中心は水浴のものは油浴に比して稍劣る 900°C にあつては水浴、油

57 x 23 = 13.115 並

第 13 圖

第 14 圖

第 45 圖



浴共に硬度は浅き U 字形をなして分布するが 950°C より焼入れたものは中央高く周縁の向て硬度は漸減す。油浴では 900 及 950°C に焼入れたものは中心部の硬度は殆同一である。組織は何れもオーステナイトを含有す。

Mn No. 4. (Mn 2.01%, C 0.94%) 第 4 圖, 第 10 表 第 2 表及第 10 圖 a, b に示す如く A_{c1} は 726~754°C に温度範囲を持つ故 750°C に焼入れたものはマルテンサイトの存在を期待し得る筈であるが水油兩浴共殆硬化現象なく顯微鏡組織にも亦マルテンサイトは認めなかつた。然

タイトにまで進行して生じたものであることが觀取される。800°C より水中に焼入れたものは硬度は周縁に高く中央低き分布状態をなす。之れに比し油浴のものは圖に見る如く硬度遙かに低く組織は水浴はトルースタイトの混入なくマルテンサイトと炭化物なるに反し油浴のものはマルテンサイトより生じたトルースタイトを相當量含む。850°C より水焼れしたるものは硬度の實際測定値は周縁より 1~2mm 内部に入るところに硬度の最高部を示し、中央は稍低下す。油浴のものは中央少しく高位にあり、組織は水浴のものにはマルテンサイトに多少のオーステナイト的的部分を有すれども油浴のものには寧ろオーステナイト的的部分が多い。蓋し水浴のものは急冷により一旦生じたるオーステナイトが熱歪によりてマルテンサイトにまで進行したものと觀ることが出来る。又第 14 圖に見る如く 900, 950°C の焼入にあつては水油兩浴共周縁の硬度低く却て中央高きは何れも残留オーステナイトの影響なること明瞭なり。

第 10 表 Mn No.4 (Mn 2.01%, C 0.94%) 水焼入

焼入温度 °C	測定場所	硬 度 (Vickers)	顯微鏡組織	備 考
750	周縁	230	*T~P+C	P 細かし
	中央	230	T~P+C	
800	周縁	800	M+C	M オーステナイト的
	中央	700	M+C	
850	周縁	815	M+C+(A)	C 微量
	中央	755	M+C+(A)	
900	周縁	710	M+A	C 少量
	中央	735	M+A+C	
950	周縁	695	A+M	C 少量
	中央	795	M+A+C	
同 上 油 焼 入				
750	周縁	230	P+C	
	中央	230	P+C	
800	周縁	485	M+C+T	
	中央	380	M+C+T	
850	周縁	730	M+(A)+C	
	中央	765	M+C+(A)	
900	周縁	675	M+A+C	
	中央	730	M+A+C	
950	周縁	675	A+C	
	中央	730	M+A+C	

P=パーライト, T=トルースタイト, M=マルテンサイト
C=炭化物

しながら水焼入れに於てトルースタイトの存在は一旦 A_1 變態範囲内に入ってから急冷を受け、冷却の途中にトルー

次に同温度に於ける Mn 量の影響を觀察する。800°C に於ては水浴のものは Mn 0.66, 1.14% 含有のものは何れも炭素鋼に比して焼入硬化少く 1.55%, 2.01% Mn のものは第 15 圖に見る如く總體的には硬化の状態を示してゐるが周縁の硬度は尙ほ遠く炭素鋼に及ばない。又油焼入にあつても Mn 0.60 のものは炭素鋼より硬度低く Mn 1.14% 含有のものは中央附近は炭素鋼と同硬度を有し、周縁 5mm 位の範囲では充分優勢なり、又 2.01% Mn のものは炭素鋼に比し總體的に硬度の上昇を示すが Mn 1.55% のものは此温度に於ける焼入中最高の硬化を示すこと第

811

15 圖に見る通りである。是等の現象は地鐵 (α) 及セメントタイトに固溶する Mn 量と焼入温度及焼入浴の種類とにより 800°C 附近の温度にあつては Mn 量に、硬度の極大を示す含量 % があるものと考えることが出来る。 850°C より焼入れたるもの (第 16 圖) 水浴にあつては炭素鋼に比して何れも硬度高く、而して中央附近の硬度を見るに $Mn 1\%$ 附近までは Mn 量に比例して硬度を増加するが $1.55\% Mn$ 以上からは反對に硬度の低下を示す、之れオーステナイトの残留に起因するものと考えられる $Mn 2.01\%$ を除いては周邊の硬度は殆ど同様である。第 16 圖油浴にあつては $Mn 0.66\%$ のものが内部の硬度は炭素鋼に稍々劣る状態なれども周邊には顯かに硬度増加を示し Mn の増加と共に漸次總體的に硬度を増し $Mn 1.55\%$ を極大點として硬度は漸降の傾向を辿る。 900°C より焼入れたるものは Mn の含量 0.66% のものでは炭素鋼の水浴に比して大差なき硬度の分布を示す $Mn 1\%$ 内外を極大としてそれより Mn の増加と共に硬度の低下を示すこと第 17 圖の如し、油浴にあつては $Mn 1.14\%$ までは Mn の量に

比例して硬度を増加するがそれ以上となれば反比例的に低下す (第 17 圖) 是等の現象は検鏡結果によれば残留オーステナイトの存否によって説明し得るが此オーステナイトの多寡は Mn 量と、冷却速度及び熱歪によって説明することが出来ると思ふ。 950°C 水浴のものは總體的に最大硬度を示し、それより反比例的に低下す (第 18 圖) 又油浴にあつては $Mn 0.66\%$ のものが V 字形に硬度分布を示し 1.14% となれば周邊、中心一樣となり其以上の増加によつては硬度は漸次低下し中心の硬度高く、周邊に低く分布す。

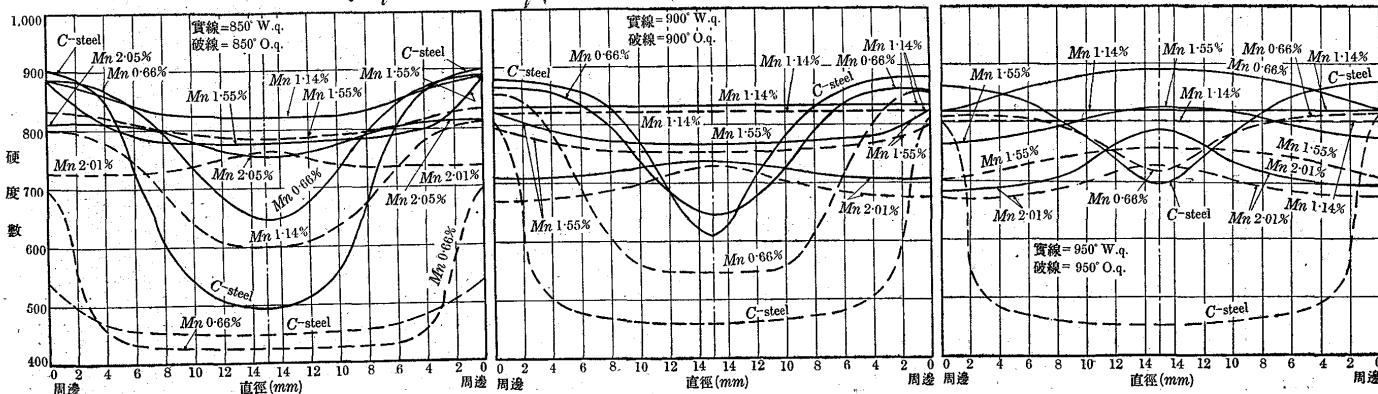
何れもオーステナイト、マルテンサイトの量的割合により硬度の分布状態を異にするもので此際に生ずる少量の結節状トルースタイトは總體的に硬度を殆ど低下せない。

3. タングステンの影響 (第 19 圖 a.b)

タングステンが變態點に及ぶ影響は W の増加に従つて A_1 變態の量を減じ遂には消失する。又 A_3 點は W の加調に

第 16 圖 $57 \times 16 = 9.12$ 第 17 圖

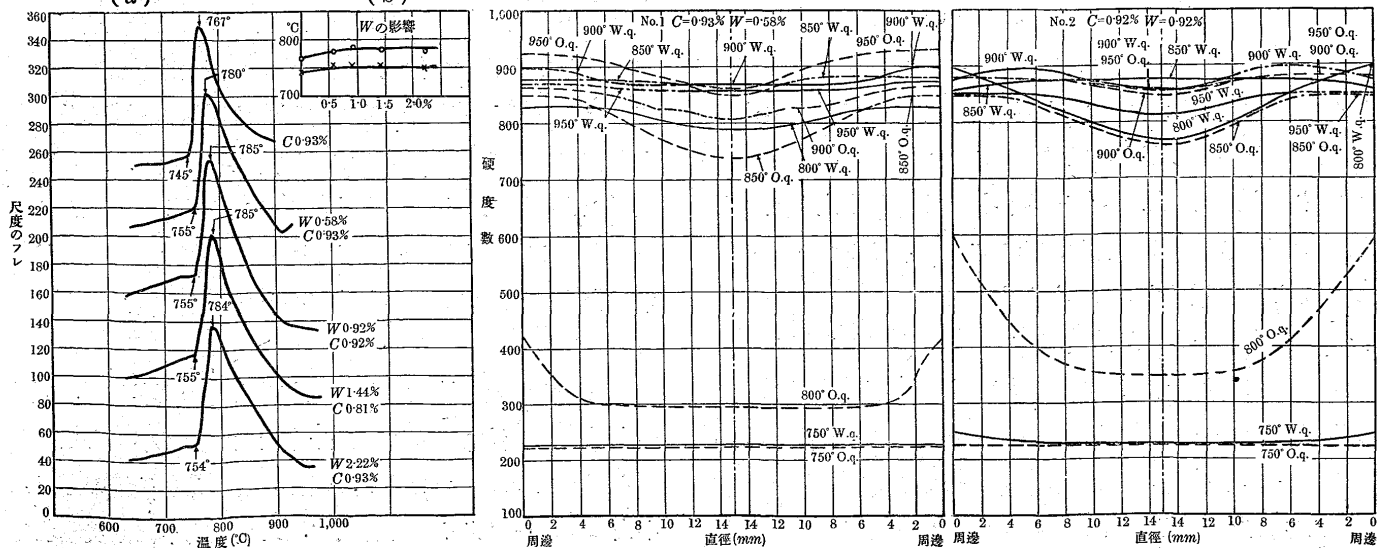
第 18 圖



(a) 第 19 圖 (b)

第 20 圖

第 21 圖



$57 \times 23 = 13.11$

より次第に上昇し且漸次不明瞭となる¹⁾ W は 1% 以内の加調により炭素鋼の A_{c1} は約 10°C の上昇を示すが其以上 2% 位までは殆ど一定の温度を示す。即 $C1.0\%$, $W1\%$ 附近に不変系反應の起ることが想像される。

W No. 1. ($W0.58\%$, $C0.93\%$) 第 20 圖, 第 11 表 750°C に焼入れたものは水浴, 油浴何れも硬化状態に至らぬことは第 20 圖に見る通りである。 800°C 水浴にあつては完全に焼入効果を示し, 而も周邊より中心に及す硬化状態は極めて効果的である。但し油浴のものは周邊僅かに硬化状態を示すのみで $1\sim 2\text{mm}$ 内部に入れば殆ど炭素鋼の標準化せるものと同様となる。組織は水浴のものは中心に少量のトルースタイトを含む程度なれども油浴のものは周邊さへもマルテンサイトのトルースタイトで中心はトルースタイト \sim パーライトの状態である。第 11 表に示す。

第 11 表 W No.1 ($W0.58\%$, $C0.93\%$) 水焼入

焼入温度 $^{\circ}\text{C}$	測定 場所	硬 度 (Vickers)	顯微鏡組織	備 考
750	周邊	225	P+C	P層狀, 粒狀
	中央	225	P+C	
800	周邊	830	M+C	T極少量
	中央	790	M+C+T	
850	周邊	880	M+C	C少量
	中央	850	M+C	
900	周邊	900	M+C	C少量
	中央	870	M+C	
950	周邊	870	M	C少量
	中央	860	M+C	
同 上 油 焼 入				
750	周邊	225	P+C	粒狀P周邊に多し
	中央	225	P+C	
800	周邊	420	T(M) \sim P+C	Tマルテンサイトの
	中央	295	T \sim P+C	
850	周邊	850	M+C	T極少
	中央	735	M+T+C	
900	周邊	865	M+C	T微量
	中央	810	M+C+T	
950	周邊	925	M+C	C微量
	中央	865	M+C+T	

P=パーライト, T=トルースタイト, M=マルテンサイト
C=炭化物

850°C の水浴のものは硬度實測の結果は非常に不規則な分布状態を示してゐるため第 20 圖に鎖線で示す如くに理想化したものである。組織はマルテンサイト又炭化物にして中心も同様の組織を有す。油浴のものは中央附近に相當のトルースタイトを含む。此トルースタイトはマルテンサイトより焼戻によつて生じたものである。硬度の分布状態は中央小部分丈けが稍低下してゐるのみで中心部にまで硬化の及ぶこと顯著である。油浴のものは第 20 圖に示す如く硬度の分布状態は浅き V 字形をなす $900\sim 950^{\circ}\text{C}$

¹⁾ 武田氏: タングステン鋼の變態及組織について, 金研, 第 6 卷, 第 12 號

にあつては油浴のものは温度の上昇と共に全體的に硬度を増加し此程度の W の含有にあつては 950°C より油焼入れしたものが最高の硬度を示す。

W No. 2. ($W0.92\%$, $C0.92\%$) 第 21 圖, 第 12 表

$Fe-W-C$ 三元系に於て此組織のものは相當量の WC を含む 750°C より水に焼入れたものにあつては A_1 變態を起しかけた其中途より急冷された形を示す。即ち結節狀の稍大き目のトルースタイトを生じ硝酸アルコール溶液により腐蝕する時は黄色 \sim 褐色の種々の濃淡の差を示し, 其

第 12 表 W No.2 ($W0.92\%$, $C0.92\%$) 水焼入

焼入温度 $^{\circ}\text{C}$	測定 場所	硬 度 (Vickers)	顯微鏡組織	備 考
750	周邊	250	T \sim P+C+(M)	T微量
	中央	225	T \sim P+C	
800	周邊	900	M+C+T	M+T+C
	中央	765	M+T+C	
850	周邊	860	M+C	M+C
	中央	870	M+C	
900	周邊	875	M+A+C	M+A+C
	中央	860	M+A+C	
950	周邊	850	M+A+C	M+A+C
	中央	815	M+A+C	
同 上 油 焼 入				
750	周邊	225	P+C	粒狀P多し
	中央	225	P+C	
800	周邊	600	M+T \sim P+C	層狀P多し
	中央	350	T \sim P+M+C	
850	周邊	850	M+C	T極少
	中央	760	M+C+T	
900	周邊	880	M+C	T極微量
	中央	850	M+C+T	
950	周邊	880	M+C	C極少
	中央	860	M+C	

P=パーライト, T=トルースタイト, M=マルテンサイト
C=炭化物

周圍にパーライトの組織を見る W は冷却速度の早い程變態點を降下すること大なる故 750°C の焼入にても水中浴のものは第 21 圖に見る如く周邊は稍高い値を示す。之れに反し油浴は冷却速度稍緩漫なる故硬度の分布は周邊, 中心共に變りなし 800°C の焼入に於ては油浴の場合は炭素鋼に比し中央は硬度稍低いが周邊の比較的冷却の急速なる部分は硬度遙かに高く又水浴に至ては周邊の硬度は炭素鋼より稍劣てゐるが内部に及す影響は大きい。組織は, 變態點以上より焼入れしたためマルテンサイトに少量のトルースタイトを混入しパーライトへの發達は見られない油浴の場合は冷却速度が遅いためパーライトを含むに至る (第 12 表)

850°C より水中焼入をなしたものは周邊は寧ろ硬度低く中央稍高い。油浴のものでは分布状態は V 字形となり何れも組織はマルテンサイト, 炭化物なれども油浴のものは中央にトルースタイトを混入す。又炭化物中には灰紫色の

ものあり 900°C より水中焼入のものは第 21 圖に見る如く周邊より内部に入るに従て硬度は少しく上昇を示し 4~5mm 附近より漸次に降下す(第 12 表) 周邊の硬度は 875 なれども中間の最高部は 900 を示す第 21 圖に見る如し周邊はマルテンサイトにオーステナイトを含む組織なれども中央附近は稍焼戻を受けた形跡を認む。故に周邊の冷却速度の大なる部分にあつてはオーステナイトの混入は當然考へられることである。稍内部に進むにつれてオーステナイトの量の減少に伴ひ硬度の増加も亦當然であり、尙内部に進んでは 2% = タールにより腐蝕を促進する傾向あり、故に焼戻の進行したるものと考へて硬度の低下を首肯することが出来る。油浴のものは前者と異なり中間に硬度の極大を生ずることなく周邊より 7mm 位は硬度は一様に分布しそれより中心に向て漸減す。組織は周邊にオーステナイトを見ることなく而も中心附近に極微量のトルースタイトの存在を見る 950°C 水浴のものは 900°C よりのものに比して總體的に硬度は低下し中心は 815°C を示す。蓋しオーステナイトの多量を混入するによるものにして、油中焼入は却て硬度高く 900°C 油浴のものと略同形の分布状態なり。

W No. 3. (W 1.44%, C 0.81%) 第 22 圖, 第 13 表

750°C より焼入れたる試料を見るに水浴のものは周邊稍硬度高く中央は油浴のものと同等なり、而して組織の上より之を見れば水浴のものは周邊に粒状パーライトの部分多く尙其中には Fe_3C (W を含む θ) を見る、油浴のものも周邊の硬度は中央に比して少しく高目なり 800°C 水焼

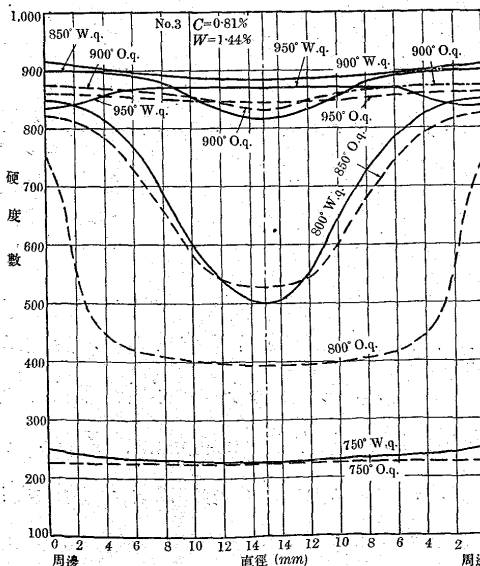
第 13 表 W No.3 (W 1.44%, C 0.81%) 水焼入

焼入温度 °C	測定場所	硬度 (Vickers)	顯微鏡組織	備考
750	周邊	250	P+C	P粒状
	中央	225	P+C	P層状
800	周邊	850	M+C+T	T微量
	中央	500	M+C+T	
850	周邊	900	M+C+T	周縁にTなし
	中央	815	M+C+T	T少量
900	周邊	915	M+C	周縁のM針状稍大
	中央	885	M+C+T	T微量
950	周邊	840	M+C	C微量
	中央	875	M+C	
同 上 油 焼 入				
750	周邊	225	P~T+C	
	中央	225	P~T+C	
800	周邊	750	M+T+C	
	中央	395	T+C+M	M少量
850	周邊	825	M+C+T	T痕跡
	中央	525	M+T+C	C極少
900	周邊	875	M+C	
	中央	835	M+T+C	T極少
950	周邊	860	M+C	
	中央	845	M+C	C極少

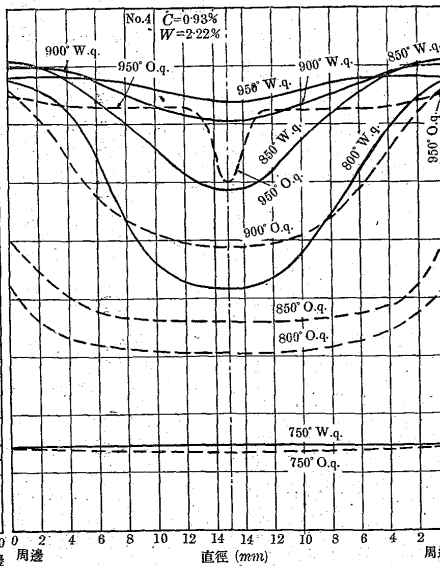
P=パーライト, T=トルースタイト, M=マルテンサイト
C=炭化物

入にあつては硬度の分布状態は V 字形である。周縁に微少のトルースタイトを含み、稍内部に入てマルテンサイトと炭化物丈けとなる。やがてトルースタイトの色を漸次に増し中心附近には相當量を見るに至り其結果中心部は硬度激減す。油浴のものは第 22 圖に見る如く U 字形に分布す。従て其組織も亦周邊より加速度的にトルースタイトの量を増し中心より約 3mm 以内では少量のマルテンサイトを含有するに止まる 850°C より水中焼入したものは極めて有效なる硬化を示す。即ち周邊より 6~7mm 附近までは硬度は一様に分布し中央附近に於て稍低下するのみ。周邊の顯微鏡組織はマルテンサイトと炭化物丈けなれども中

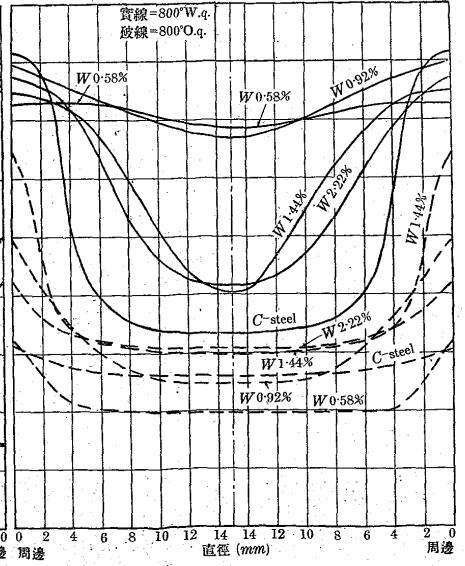
第 22 圖



第 23 圖



第 24 圖



57 x 23 = 13 11

心に向ふに従てトルースタイトを含むに至る。油浴のものは 800°C より水焼入したるもの、硬度分布状態と略同形にして中心附近一小部分丈は 850°C 油浴のもの、方高い。それより周邊までは 800°C 水焼入のものに比して劣る。900°C より水中焼入したものは周邊に比して中央は極めて少しく硬度低下すれども概して周邊と中心とは大差なき分布状態なり、唯 950°C 水浴のものは 5mm 附近より周邊に至るに従て硬度は低下す。是れは炭化物の析出に時間を與へぬ爲めに基因するものと考へられる。オーステナイトの混入は顯微鏡的には見出しがたし 900°C より油浴のものは同温度より水焼入したものに比し全體的に硬度は小にして分布状態は中央に淺き V 字形をなし、中央の組織には極少量のトルースタイトを含有す 950°C 油浴のものに比して總體的に硬度高い。950°C より油浴のものは周邊と中央の硬度の差極めて小さく 900°C 水焼入のものと同殆ど平行し唯總體的に低位にあるに過ぎない。全體として焼入温度の上昇と共に周邊より内部に及す硬化能率は極めて顯著である。

W No. 4. (W 2.22%, C 0.93%) 第 23 圖, 第 14 表 750°C 水焼入のものは第 23 圖に見る如く同温度の油浴のものよりは硬度は總體的に稍上位にあるが周邊, 中央と

第 14 表 W No. 4 (W 2.22%, C 0.93%) 水焼入

焼入温度 °C	測定 場所	硬 度 (Vickers)	顯微鏡組織	備 考
750	周邊	250	P+C	P 粒狀
	中央	250	P+C	
800	周邊	875	M+C+T	T 少量
	中央	520	M+T+C	
850	周邊	910	M+C	C 微量
	中央	685	M+T+C	
900	周邊	900	M+C	C 極少
	中央	805	M+T+C	
950	周邊	885	M+C	C 極少
	中央	840	M+C	
同 上 油 焼 入				
750	周邊	245	T~P+C	T マルテンサイトの
	中央	230	T~P+C	
800	周邊	525	M+T+C	C は T 内に粒狀化して存在す
	中央	405	M+T+C	
850	周邊	600	M+T+C	C 微量, T 周縁になし
	中央	460	M+T+C	
900	周邊	860	M+T+C	C 微量, T 周縁になし
	中央	590	M+T+C	
950	周邊	850	M+C?	T 微量
	中央	810	M+T+C	

P=パーライト, T=トルースタイト, M=マルテンサイト
C=炭化物

も差別なく一様の分布なり。油浴のものは周邊稍高く中央少しく硬度低下す。顯微鏡組織は水浴のものは一様に粒狀パーライトの組織を呈するが油浴のものは粒狀パーライト

トルースタイト等の組織を有し且マルテンサイトのトルースタイトをも認められる 800°C 水焼入を観察するに圖に見る如く周邊は 875 の硬度數を示し 2~3mm 内部までは漸減の経路をとるがそれより急に硬度低下して中央は 520 となる。組織上より見れば周邊はマルテンサイト及炭化物丈なれどもマルテンサイト自身が稍焼鈍を受けた状態に近く即トルースタイト的部分數ヶ所存在し、油浴のものにあつては周邊の硬度が水焼入の中央のものと略同等にして此ものの中央は硬度數 400 だいたとなる。トルースタイト内の粒狀炭化物はピクリン酸曹達により着色する故之れは θ 炭化物と稱す 850, 900 及 950°C の水中焼入り結果を見るに 850°C 水浴の周邊は此等試料中の最高硬度 910 を示す。焼入温度の高くなるにつれて總體的には硬度を増加し尙内部に及す硬化の深度を増大するが周邊のみは逆に硬度の低下を見る。又之等の温度より油浴せるものについても水浴の場合と同様に温度の上昇と共に内部に及す硬化程度を深め周邊の硬度は稍低下の傾向を示す。油浴のものは水浴に比して 850°C のものは周邊に尙相當量のトルースタイトを有する關係上全體的にも硬度は低く 900°C では周邊の硬度は 950°C のものより稍高いが内部への硬化程度は第 23 圖に見る如く 950°C のものには匹敵すべくもなし 900°C 油浴の周縁にはトルースタイトの存在なく 1~2mm 内部に入て初めて少量のトルースタイトを見るに至る。尙 950°C のものでも中央には微量のトルースタイトを含み硬度は稍低下す。

之れを通覽するに W 0.5% のものにあつては温度の上昇と共に硬度は増大し水浴, 油浴共餘り差別なく、然も内部への硬化は效果的である。0.929% W 即 1.0% 附近となれば硬化狀況は益々顯著になり、總じて温度の上昇と共に周邊の硬度は稍低下し中間に最高硬度を生ずるものあり、尙 W を増加して 1.44% となれば硬化状態は多分趣を異にし水浴にあつては 850°C 油浴にあつては 900°C に於て夫々充分なる硬化を表はすことになる。又 W 2.22% のものでは水浴にあつては 900, 950°C 油浴にあつては 950°C のもの丈が内部までの硬化有效である。要之に 1.0% W, 1.0% C 附近は包共析成分で熱膨脹の結果より見るも A_1 として測定したる温度の上昇状態は W 1% までは變態温度上昇するが其以上 W の増加によつては變態點は殆影響されて居ない。

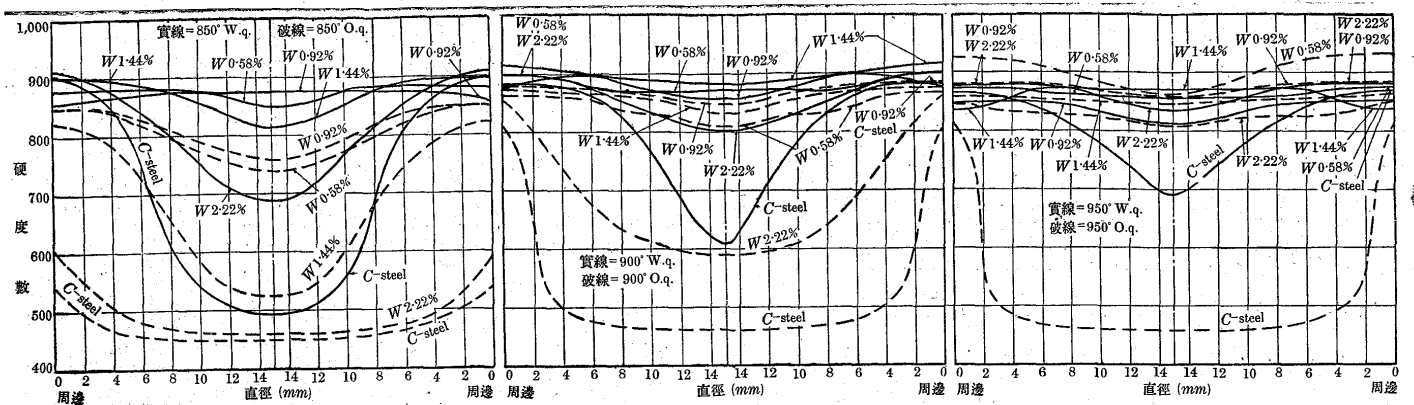
又タングステンの増加による硬化影響を見るに 800°C

57x16=9.12

第 25 圖

第 26 圖

第 27 圖



に焼入したものは第 24 圖に示す如く水浴に於ては 0.58% W, 及 0.92% W は内部への硬化は最も有効にして 1.44% W, 2.22% W に至て却て硬化能率を減殺す, 要するに包共析成分までは W の増加と共に硬度を増すが W が其れ以上になれば種々の炭化物の固溶状態により焼入硬化に影響するものと考へられる. 殊に冷却速度の影響は最も大なる条件となるであらう. 第 24 圖に見る如く周縁の硬度は 4 つの試料とも大差ないが内部に及ぶ影響は 0.58% W, 0.92% W と 1.44% W, 2.22% W とでは格段の差あることを示す. 又油浴のものを見るに冷却速度の比較的遅き内部に於ては種々の反應を完結するに至るため硬度は炭素鋼の水浴のものよりも遙かに劣る. 850°C の焼入の場合は水浴, 油浴共に 1.0% W 附近のものは焼入硬化最も大にしてそれより W の増すにつれて硬化能率稍低下すること第 25 圖に示す通りである. 温度の上昇と共に W の含有量により硬化能率を低減し第 26 圖の如く 900°C

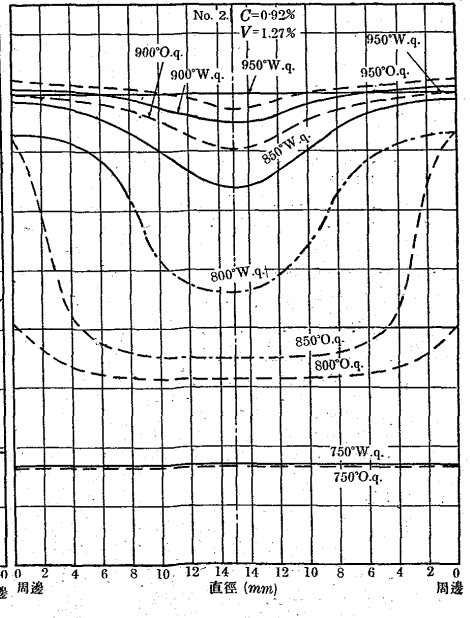
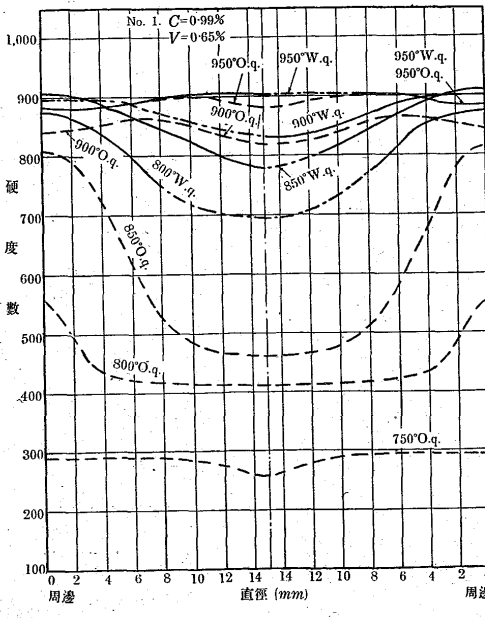
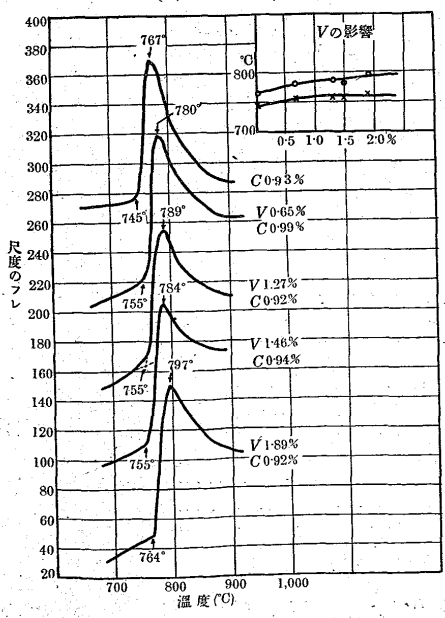
よりの場合は油浴では W 0.92% のものに最高硬度を示し, 水浴では W 1.44% に最高を表はす. 又 950°C では第 27 圖の如く水浴は前者と同様 W 1.44% に最高を示し, 油浴では 0.58% W に最高を示すことになる.

2% 内外の W を含有する鋼に於ては焼入浴の如何を問はず硬度の最大を望む時は高温度より焼入することの必要なることが首肯出来る. 焼入温度 800°C では油浴を用ひては焼入硬化を望むことが出来ないが水浴に於ては W 1.0% 内外に於て最も効果的である, 温度 850, 900°C では W 1.0%, 1.5% 附近のものは最高効率を示すが, 温度 950°C では W 1.5% のものは周縁硬度の低下を示すことになる. 油浴では各試料とも 800°C では焼入効果なく 850°C に至て W 0.5%, 1.0% 附近のものに相當の硬化を示し, それより W の多いものは焼入温度が高くなければ硬化現象が充分でない. 殊に W 2% のものでは第 23 圖に示す如く高温度でなければ水油兩浴共硬化充分でない.

第 28 圖 (a) (b)

第 29 圖

第 30 圖



4. ヴァナチウムの影響

ヴァナヂウムは概して鋼の A₁ 點を上昇せしむる働きをなすが本研究に於ける No.1 の試料の成分が既に不變系包共析反應成分に相當し¹⁾ 著者の測定によつては 755°C に一定し第 28 圖 a, b に示す。尙又 V の含有量の増加と共にオーステナイトに於ける炭素の溶解度を減ずる故 750~950°C の焼入に於て何れも炭化物の存在を見る。

V No. 1. (V 0.65%, C 0.99%) 第 29 圖, 第 15 表
此試料は前述の如く包共析成分に相當するもので 750°C²⁾ より水焼入したるものでは周縁は勿論のこと中央にも相當のマルテンサイトを認むることが出来るが油浴のものは

第 15 表 V No.1 (V 0.65%, C 0.99%) 水焼入

焼入温度 °C	測定場所	硬度 (Vickers)	顯微鏡組織	備考
750	周縁	275	T~P+M+C	ロックウエールにて測定しブリネル硬度に換算せるもの
	中央	275	T~P+M+C	
800	周縁	880	M+T+C	周縁 T なし, C 微量
	中央	700	M+T+C	
850	周縁	910	M+T+C	4~5mm 附近より T 混入, C 微量
	中央	780	M+T+C	
900	周縁	900	M+A+C	A 少量
	中央	830	M+A+T+C	
950	周縁	885	M+A+C	中心に向ひ A 漸減
	中央	905	M+A+C	
同 上 油 焼 入				
750	周縁	290	P+C	中央 P 多し
	中央	260	P+C	
800	周縁	560	M+T+C	T 微量
	中央	410	T+M+C	
850	周縁	810	M+T+C	T 少量, C 微量
	中央	460	T+M+C	
900	周縁	845	M+A+C	A 少量, T を増す
	中央	820	M+A+T+C	
950	周縁	885	M+A+C	周縁と中心の中間に硬度 900 を示す
	中央	885	M+A+T+C	

P=パーライト, T=トルースタイト, M=マルテンサイト

C=炭化物

然らず 800°C³⁾ にあつては水浴のものは周縁はトルースタイトを見ることが出来ず 2~3mm 内部に入てトルースタイトの従量を見出し得る。油浴のものは表面丈けの硬化

にて内部に入て直に硬度を減少す。従て顯微鏡組織は周縁に微量のトルースタイトを含み中央には反對に微量のマルテンサイトを含む組織である 850, 900 及 950°C 水焼入に於ては焼入温度の上昇と共に硬化は次第に効果的になり 950°C に至ては周縁 3~4mm の間は寧ろ硬度低くそれより内部に進むに従て稍硬度を増加し中央相當大きい範圍に至て一様の分布状態を示はし曲線は平滑となる。但し 900°C 以上の焼入に於てはオーステナイトの組織が混入す。

油浴に於ても温度の上昇と共に硬度は總體的に増加するが 900°C より焼入れたものは中央及周縁低く其中間に硬度の高き部分あり 950°C 焼入のものは 900°C と同様の分布状態であるが殆ど平行して總體的に上昇す。尙 950°C のものは周縁及中央附近とも 885 の硬度數であるが中間のものは 900 を示す。

V No. 2. (V 1.27%, C 0.92%) 第 30 圖, 第 16 表

750°C より焼入したるものは水浴, 油浴共に其顯微鏡

第 16 表 V No.2 (V 1.27%, C 0.92%) 水焼入

焼入温度 °C	測定場所	硬度 (Vickers)	顯微鏡組織	備考
750	周縁	270	P+C	周縁ソルバイト的
	中央	270	P+C	
800	周縁	830	M+T+C	C 微量, 周縁に T なし
	中央	560	M+T+C	
850	周縁	885	M+C	C 微量
	中央	740	M+T+C	
900	周縁	910	M+C+(A)	C 微量
	中央	850	M+C+T+(A)	
950	周縁	900	M+A+C	C 微量
	中央	900	M+A+C	
同 上 油 焼 入				
750	周縁	270	P+C	
	中央	270	P+C	
800	周縁	510	M+T+C	
	中央	415	T+M+C	
850	周縁	830	M+T+C	周縁に T なし
	中央	450	T+M+C	
900	周縁	900	M+C+(A)	C 微量
	中央	805	M+C+T+(A)	
950	周縁	920	M+A+C	T 痕跡
	中央	870	M+A+C+T	

P=パーライト, T=トルースタイト, M=マルテンサイト

C=炭化物

組織はパーライト多く, 周縁僅かにソルバイト的になつてゐるに過ぎない。従て焼入硬化のないこと第 30 圖の通りである 800°C より水中に焼入れたるものは周縁にはトルースタイトの存在なく周縁より 5~6mm の所まで硬化作用を及してゐるがそれ以上は餘り硬化作用は及んでゐない。尙此試料は製作の際の不注意のため中心附近に缺陷あり, 實測の結果は中心は硬度數 200 附近まで低下してゐるため點線で之れを理想化して示した。油浴のものは周縁に少

1) Masaya, Oya: Metallographic Investigation of Vanadium Steels, Scie. Rep. Tohoku Imp. Univ. Series I Vol. XIX No. 3.

2) 此試料は實驗上の手違ひのため Vickers 硬度計で測定し得ず Rockwell "C" scale で測定した結果を Vickers 硬度數に換算したものであるから他の試料と比較することは無理である。

3) 800°C に取扱たものは中心に巢があつたため中央相當範圍に互てトルースタイトの現出を見。従て硬度は第 29 圖の如き分布状態を示す。

量のトルースタイトとマルテンサイトの組織で周辺より 1~2mm のところでマルテンサイトの量激減し従て圖に示す如き分布状態となり、中央の組織は大部分のトルースタイトに少量のマルテンサイトを含む程度である。焼入温度の上昇と共に硬化状態を増大し内部への硬化能率も増加し来り 850°C 水焼のものは周辺にはトルースタイトを見ることなく 6~7mm 内部に入て漸やく微量のトルースタイトを見るに至る。但し中央のマルテンサイトは腐蝕され易い。油浴のものは 800°C より油焼入したるものに比しては効果的であるが周辺 1~2mm より既にトルースタイトの混入を見る。従て硬化状態は總體的には上昇してゐるが周辺より直に硬度激減し中央附近は 800°C のものと稍接近す。

900°C 及 950°C 水焼に於ては温度の高いもの程硬化の程度高く第 30 圖に見る如く 900°C のものよりも 950°C は上位にあり、且硬度は一樣の分布を示す。組織は 900°C のものはオーステナイトは見出しがたいが 950°C ではオーステナイト様のものが見られる、油浴のもの 900°C にあつては硬度は周辺に高く中央は低い、組織は中央にオーステナイトの少量を見出す 950°C にあつては周辺は此系の中の最高を示すが中央は硬度 870 に低下し 900°C 油焼入のものと同平行し、組織はマルテンサイトとオーステナイトの混合にしてトルースタイトの痕跡を有す。

V No. 3. (V 1.46%, C 0.94%) 第 31 圖, 第 17 表
750°C 水焼入れしたものは組織はトルースタイト~ソルバイトなる故油浴のものに比して稍堅く前者の 285 な

第 17 表 V No. 3 (V 1.46%, C 0.94%) 水焼入

焼入温度 °C	測定 場所	硬 度 (Vickers)	顯微鏡組織	備 考
750	周辺	285	T~S+M+C	
	中央	285	T~S+M+C	
800	周辺	925	M+T+C	周縁にTなし
	中央	500	T+M+C	
850	周辺	895	M+C	4~5mm よりT混ず 局部的に粒状Cあり
	中央	815	M+T+C	
900	周辺	910	M+(A)+C	
	中央	840	M+(A)+T+C	
950	周辺	950	M+C+(A)	
	中央	890	M+C+(A)	
油 焼 入				
750	周辺	260	P+C	
	中央	260	P+C	
800	周辺	750	M+T+C	周辺より 6mm 附近より Cの網状を見る
	中央	405	T+M+C	
850	周辺	800	M+T+C	T, C 極少
	中央	465	M+T+C	
900	周辺	840	M+A+C+T	周縁にTなし
	中央	720	M+T+C+(A)	
950	周辺	880	M+A+C	
	中央	820	M+(A)+C+T	

P=パーライト, S=ソルバイト, T=トルースタイト
M=マルテンサイト, C=炭化物

るに對し後者は 260 の硬度を示し、組織も亦後者はパーライトなり。800°C に焼入れたものは焼入硬化を表はすが水浴のものは周辺の硬度 900 以上を示すにも不拘 1~2mm 内部に入れば激減して 500 となる。又油浴のものは第 31 圖に見る如く周辺より直に硬度激減し全體として U 字形の分布状態を示す。組織は水浴のものは周辺は完全にマルテンサイト丈であるが、それより 1~2mm 内部に入れば直にトルースタイトの混入となり中央は相當量に及ぶ、油焼入では周辺は既にマルテンサイトと少量のトルースタイトとの組織にして 5mm 位内部に入ればトルースタイトはマルテンサイトの面積より大となり此附近より網状の炭化物を見る、880°C より焼入れたものは水浴の場合は周縁はマルテンサイト丈の組織であるが 4~5mm 附近より微量のトルースタイトを混入し又所々に炭化物の粒状化せるものを見る總體的に硬度高く且硬化の内部に及ぶ影響も亦大きい。油浴の場合は周辺の硬度は水浴の 800°C のものより低く、組織は極少量のトルースタイトと炭化物を含むマルテンサイトにして中央附近はトルースタイトとマルテンサイトは相半す。900 及 950°C の場合は温度の高いもの程硬度も總體的に高く組織は水浴のものにあつては 960°C に於て中央近くにトルースタイトの存在を見るが 950°C には見出されない、又オーステナイトの混入も想像されるが組織の上では判然せない。又油浴のものは 900°C に於て周辺にも中央にもトルースタイトが存在し 950°C の中央附近にも亦トルースタイトを見る。

V No. 4. (V 1.89%, C 0.92%) 第 32 圖, 第 18 表

750°C 焼入のものは水浴、油浴共に周辺には少量のマルテンサイトを含むが硬度は餘り上昇せない。800°C 水中焼入は周辺より 4mm 位まで殆ど一樣の硬度を有し、それより激減して V 字形の分布状態をとる、油浴にては周辺の硬度僅かに高く U 字形に近き分布状態を示す。組織は水浴は周辺マルテンサイト及炭化物なれども 3mm 附近よりトルースタイトを混入し炭化物及トルースタイトは網状を呈す。中央に近づくにつれてトルースタイトの量を増大するが炭化物は減少の氣味なり、油浴にては周辺既に相當量のトルースタイトの混入あり、中央はマルテンサイトの量微少にして炭化物網状に發達す。850°C 水焼入¹⁾は其組織は周辺はマルテンサイトと炭化物なれどもマルテンサ

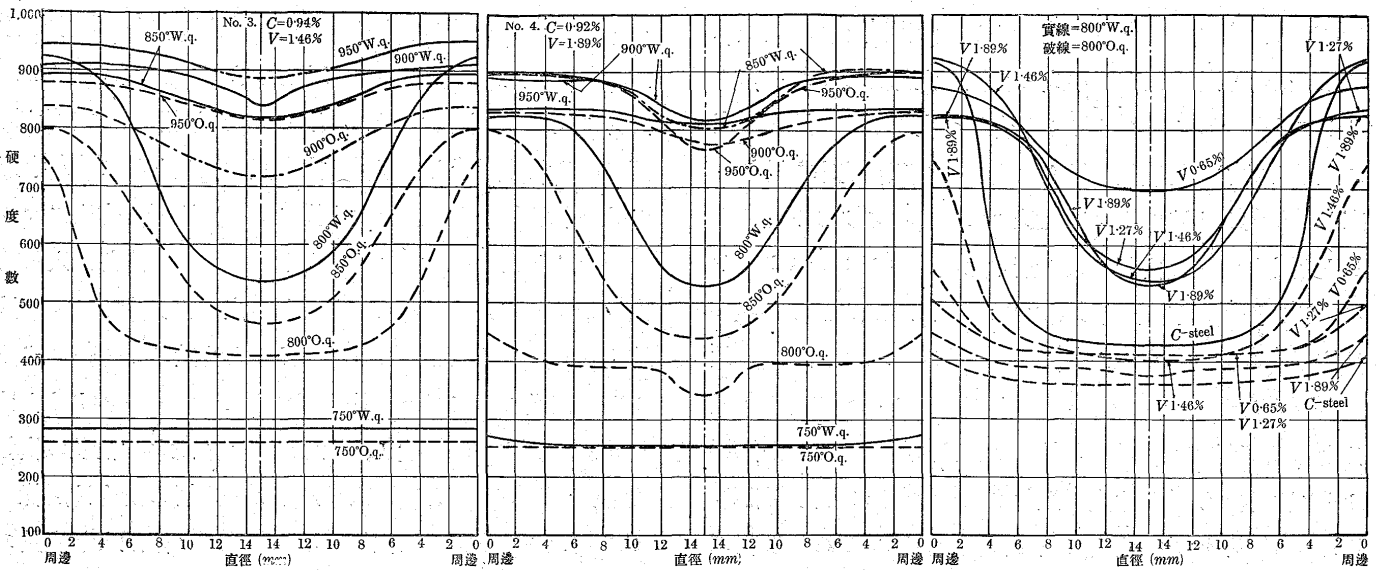
¹⁾ 周辺の硬度 900, 中央 805 として第 18 表に示せるが、此試料は大きい焼割れを生じ、中央部の硬度は實際の値を示さぬ故周辺よりの硬度及 800, 900°C よりの水焼入の結果より推惟して曲線を連結す、従て 805 の硬度数は其理想化したものを記した。

57x23 = 13.11 15 並

第 31 圖

第 32 圖

第 33 圖



第 18 表 V No 4 (V 1.89%, C 0.92%) 水焼入

焼入温度 °C	測定 場所	硬 度 (Vickers)	顯微鏡組織	備 考
750	周邊	275	T~P+M+C	M少量
	中央	255	T~P+M+C	
800	周邊	825	M+C	C少量
	中央	530	T+M+C	中央に向てC減少
850	周邊	900	M+(A)+C	T少量
	中央	805	M+A+C+T	
900	周邊	890	M+A+C	M+A+C+T
	中央	820	M+A+C+T	
950	周邊	835	M+A+C	M+A+C
	中央	815	M+A+C	
同 上 油 焼 入				
750	周邊	255	T~P+M+C	M少量
	中央	255	T~P+C	
800	周邊	450	M+T+C	C網状
	中央	345	T+M+C	
850	周邊	800	M+T+C	T, C微量
	中央	410	M+T+C	
900	周邊	830	M+C+T+(A)	M+C+T
	中央	775	M+C+T	
950	周邊	900	M+C+A	M+C+A+T T極少
	中央	765	M+C+A+T	

P=パーライト, T=トルースタイト, M=マルテンサイト
C=炭化物

イトの腐蝕状態よりオーステナイトの混入を推察し得る。中央にはトルースタイトの少量を含み、又油浴のものにあつてはマルテンサイトの他にトルースタイト及炭化物の微量を混入し中央に到りてトルースタイトは相当量となる結果硬度の分布は 800°C の水焼入のものに酷似す。900°C の水焼入に有ては周邊より 9mm 位までは殆ど一様な硬度の分布状態を示し中央稍低く僅かに凹を生ずる程度のものである、周邊と中央の硬度の大きさは第 18 表に示す如く 70 の差異を示し。組織は周邊はマルテンサイト炭化物の外にオーステナイトを含み、中央には少量のトルースタイトを混じて硬度の低下を來す、油浴にあつては前者に比し

て總體的に硬度低い。之はオーステナイトの混入少ないがトルースタイトの生成あつたため周邊、中央共にトルースタイトの混入を見る。950°C の水中焼入ではオーステナイトの混入割合に多いため 900°C 水焼入に比しては硬度遙かに低い周邊と中央の硬度の差少く、殆ど水平に近き分布状態となる點は注目に値す。油浴にあつては周邊より 9mm 位までは一様な硬度の分布を示すこと第 32 圖に見る如くにして然も其値は 900°C 水焼入と相前後す。

V 鋼は温度の上昇と共に焼入硬化の度を増すが V 0.65~1.27% までは上昇程度は漸進的となり、V 1.46% 以上では 800°C 以下の場合と其以上の場合とでは格段の差を生ず、第 29~32 圖を通覽することにより諒解し得られる。今 V 含有量による影響を總體的に觀察すれば第 33 圖に示す如く 800°C にありては水浴の場合は炭素鋼よりは高いが概して V の増加と共に硬度の増加割合を減少する。周邊の硬度は寧ろ炭素鋼より低く、硬度の分布状態は炭素鋼が U 字形をなすに對して V を含むものは V 字形をなす。又油浴の場合は總體的に硬度は炭素鋼より大なれども増加の状態は V の増加と逆行す 1.46% V 丈は例外の結果となる。而して水焼に比し油中焼入は硬度低きこと第 33 圖に示す如し。850°C に焼入れたものは炭素鋼に比し全々其焼入硬化状態を異にすると第 34 圖に見る如し 0.65% V の加調によりても内部に及す硬化状態は 950°C の高温よりの水中焼入をなした炭素鋼の遠く及ばざるところである。然しながら周邊に於ける硬度は何れも大同小異であつて内部に及す硬化の大なることは V の増加と共に増大す。概して V による影響は少い。又油焼入

點の降下を來すことは明かになつてゐる。従て加熱に於て變態點を少しでも越した場合は冷却の際に起る變態點は遅れ勝となるのである。

Mo No. 1. ($Mo\ 0.61\%$, $C\ 0.86\%$) 第38圖, 第19表
750°C 水中焼入及油中焼入に於ては硬化作用は認められない。但し油浴のものには組織の上にマルテンサイトの部分あり、之れは一般に此研究に於ては加熱に際し該温

第19表 Mo No.1 ($Mo\ 0.61\%$, $C\ 0.86\%$) 水焼入

焼入温度 °C	測定 場所	硬 度 (Vickers)	顯微鏡組織	備 考
750	周邊	225	P+C	P層狀及粒狀
	中央	225	P+C	
800	周邊	900	M+C	
	中央	850	M+C	
850	周邊	950	M+C	
	中央	915	M+C	
900	周邊	915	M+C+A	
	中央	890	M+C+A	
950	周邊	880	M+C+A	
	中央	830	M+C+A	

同 上 油 焼 入

750	周邊	215	T~P+C+(M)	P粒狀化
	中央	215	T~P+C+(M)	
800	周邊	865	M+C	周縁より3-4mmより T混入す
	中央	815	M+T+C	
850	周邊	900	M+C	
	中央	880	M+C	
900	周邊	910	M+A+C	
	中央	885	M+A+C	
950	周邊			
	中央			

P=パーライト T=トルースタイト M=マルテンサイト
C=炭化物

度に20分間に保持したる關係上其間に $\pm 5^\circ C$ の温度差を許容したる結果Mo鋼の如き757°Cに A_{c1} 變化の始點を有する如き場合は一部分的に A_1 變態(此際は包共析反應)を起し、其れがためマルテンサイトの混入を見たものであらう。但此マルテンサイトは焼戻が相當進行してゐる且又大部分のパーライトは焼入温度が A_1 點附近のため殆ど粒狀化し、ために一小部分にマルテンサイトの變化起りつゝあるにも係はらず大部分の粒狀化のためか硬度の上昇は望み得ない。水浴のものは稍細かき層狀パーライトを呈す。800°Cにありては水浴は周邊、中央共にトルースタイトの混入なく殆ど一樣にマルテンサイトと炭化物丈けの組織であるが硬度は周邊高く中央低い。又油浴にあつては硬度の分布状態は第38圖の如く、周邊より3~4mm位よりトルースタイトを混入すれども其量は微量なり。850°C水浴は此系の最大の硬度を保持するもので組織はマルテンサイトと炭化物とよりなり。油浴のものは水浴に比して稍劣るが中央、周邊ともに餘り差異なし。900°C水焼入は850°C

のものと殆ど平行して然も低位にある。之れは焼入温度の高まるにつれてオーステナイトの量の増加した結果と考へられる。油浴のものは第38圖に見る如く中央の硬度は殆ど水浴のものと變りないが周邊附近の硬度は水浴のものに劣る(950°C)では水浴にあつては900°Cの場合よりも硬度低く周邊の硬度は800°Cの場合よりも劣り中央も亦低い。但し周邊より8mm位までは變らざる硬度を示す。950°Cの焼入温度にあつてはマルテンサイト化開始温度¹⁾は150°C以下に低下するため相當量のオーステナイトの残留により全體的に硬度の低下を來す(No.1の試料は800°C以上の水焼入に於ては全部焼割を生じたり)。

Mo No. 2. ($Mo\ 0.97\%$, $C\ 0.84\%$) 第39圖, 第20表
第38圖aに示す如く此試料の A_{c1} 點の直下750°Cより水焼入れしたものは稍粒狀化せるパーライトに炭化物を

第20表 Mo No.2 ($Mo\ 0.97\%$, $C\ 0.84\%$) 水焼入

焼入温度 °C	測定 場所	硬 度 (Vickers)	顯微鏡組織	備 考
750	周邊	255	P+C	P稍粒狀化
	中央	240	P+C	
800	周邊	920	M+C	中央C漸減
	中央	850	M+C	
850	周邊	935	M+C	
	中央	870	M+C	
900	周邊	925	M+C+A	C細かし、A極少
	中央	875	M+C+A	
950	周邊	910	M+C+A	C細かし、A少
	中央	875	M+C+A	

同 上 油 焼 入

750	周邊	225	T~P+C	
	中央	225	T~P+C	
800	周邊	875	M+C	C網狀
	中央	815	M+T+C	
850	周邊	925	M+C	C微量
	中央	900	M+C	
900	周邊	900	M+A+C	A少量、C微粒
	中央	865	M+A+C	
950	周邊	865	M+A+C	A少量、C微粒
	中央	875	M+A+C	

P=パーライト, T=トルースタイト M=マルテンサイト
C=炭化物

含む組織である。従て硬度は一樣なる分布を示す。油浴のものは局部的に少量のトルースタイトを含みパーライト中のセメントイトは大分粒狀化してゐるため水焼入に比して硬度は稍劣る800°Cにて處理せるものは硬度の分布状態は第39圖に示すが如く又組織は第20表に見る如くであるが周邊と中央との硬度差は組織の上では見別け難い。又油浴のものは周邊より7~8mm内部に入てトルースタイトを混入し硬度は漸次減少し、水浴のものと平行して稍低位

¹⁾ 油浴のものは試料紛失のため測定不能

²⁾ 村上、八田: 鋼の焼入膨脹速度に及ぶ諸元素の影響 金研第12卷, 第4號

にある 850°C 於ては Mo 0.61% の 850°C 水焼入と同様總體的に最高の硬度を示し、是れより焼入温度の上昇と共に硬度は漸減の道程を辿ること第 39 圖の如し。而して 850°C 水焼入の組織は周邊、中央とも同様にマルテンサイト及炭化物にして殆ど區別しがたく、又油浴のものは 900, 950°C の油焼入に比して硬度最も高く周邊より 4~5mm までは漸減すれども其後は殆ど一樣の硬度分布を示す。然も中央の硬度は本系に於て水浴、油浴を通じての最高位なり、組織は水浴の場合と同様マルテンサイトと炭化物にして周邊と中央では差異認めがたし 900 及 950°C にあつては水浴の場合中央の硬度は兩者とも殆ど同様であるが周邊 7~8mm の間は 900°C の方高い。又 900, 950°C の油浴では硬度の分布曲線は凹形であるが 950°C のものでは凸形となり周邊より 6mm 位までは漸騰しそれより殆ど水平に進む。中央部の硬度は兩者とも餘り變りないが後者は稍高い。之を要するに 900 及び 950°C 水浴又 950°C 油浴等にあつては中央の硬度等しいにも不拘周邊は、水浴のもの高く油焼入りもの低い、元來オーステナイトの多少より論ずる時は水浴のものはオーステナイトの量多く従て硬度はそれだけ低下する筈であるけれども水浴の時は熱歪等によりオーステナイトよりマルテンサイトへの進行を促進するため高位を示すものと考へられる。

Mo No. 3. (Mo 1.52%, C 0.84%) 第 40 圖, 第 21 表 750°C に焼入れたものは水浴、油浴共に硬化現象は認め

第 21 表 Mo No.3 (Mo 1.52%, C 0.84%) 水焼入

焼入温度 °C	測定 場所	硬 度 (Vickers)	顯微鏡組織	備 考
750	周邊	250	P+C	
	中央	250	P+C	
800	周邊	920	M+C	C網狀, 微粒
	中央	855	M+C	
850	周邊	955	M+C	C網狀, 微粒
	中央	895	M+C	
900	周邊	900	M+C	C微量
	中央	930	M+C	
950	周邊	845	M+A+C	A, C 漸減
	中央	935	M+A+C	
同 上 油 焼 入				
750	周邊	240	T~P+C	
	中央	240	T~P+C	
800	周邊	885	M+C+T	T微量
	中央	825	M+C+T	
850	周邊	900	M+C+A	A少量
	中央	885	M+C+A	
900	周邊	890	M+A+C	C微量
	中央	890	M+A+C	
950	周邊	875	A+M+C	周邊と中央との中間硬度
	中央	885	M+A+C	

P=パーライト, T=トルースタイト, M=マルテンサイト
C=炭化物

られない。第 37 圖 a, b に示す如く焼入温度が A_{c1} 變態に達せぬ爲め組織はパーライト及炭化物等なり 800°C 焼入に於ては水浴の場合は周邊は硬度 920, 中央に向ふに従ひ漸減して凹形となる。油浴は硬度は總體的に低く水浴のものと平行の分布状態をとる 850°C 水焼入の場合は周邊は本系の最高位を示し、油浴の場合は周邊、中央共略一樣の分布状態なり 900°C の水浴にあつては硬度の分布は周邊中央略一樣の硬度であるが中心部小範圍に亘て僅かに高くなる。又油浴の場合は大體水浴のものに平行して一樣の分布をなすが唯水浴の場合に比して僅少の差を有し組織には少量のオーステナイトを含有す。950°C にありては第 40 圖に見る如く水、油兩浴共中央高く周邊低く、急冷の度の強きもの程又焼入温度の高きもの程周邊に低い。圖中 900, 950°C 水焼入及 950°C 油焼入等に見る如し。此場合も Mo No. 2 の時の如く高温焼入に際しては熱歪の現象を考慮し得るが同時に Mo を溶解せる α -鐵の性質を考へるときオーステナイトよりマルテンサイト化する難易は Mo の量と熱歪等の影響との間に、或臨界範圍を示すものと考へることが出来る。

Mo No. 4. (Mo 1.99%, C 0.95%) 第 41 圖, 第 22 表 750°C に於ける水浴及油浴の場合を見るに之れは前述の試料と同様硬化の現象なし 800°C に至り水浴にあつては第 41 圖に見る如く充分なる硬化状態を示し周邊より 5mm 位までは殆ど硬度の低下を見ない。但し組織には所々

第 22 表 Mo No.4 (Mo 1.99%, C 0.95%) 水焼入

焼入温度 °C	測定 場所	硬 度 (Vickers)	顯微鏡組織	備 考
750	周邊	260	T~P+C	
	中央	260	T~P+C	
800	周邊	945	M+C+T	
	中央	850	M+C+T	
850	周邊	955	M+C	M細かし
	中央	910	M+C	
900	周邊	860	M+A+C	
	中央	835	M+A+C	
950	周邊			焼割のため測定不能
	中央			
同 上 油 焼 入				
750	周邊	245	P+C	P粒狀化
	中央	245	P+C	
800	周邊	855	M+C	T微量
	中央	800	M+C+T	
850	周邊	900	M+C	
	中央	875	M+C	
900	周邊	885	M+A+C	
	中央	885	M+A+C	
950	周邊	875	M+A+C	A多し
	中央	830	M+A+C	

P=パーライト, T=トルースタイト, M=マルテンサイト
C=炭化物

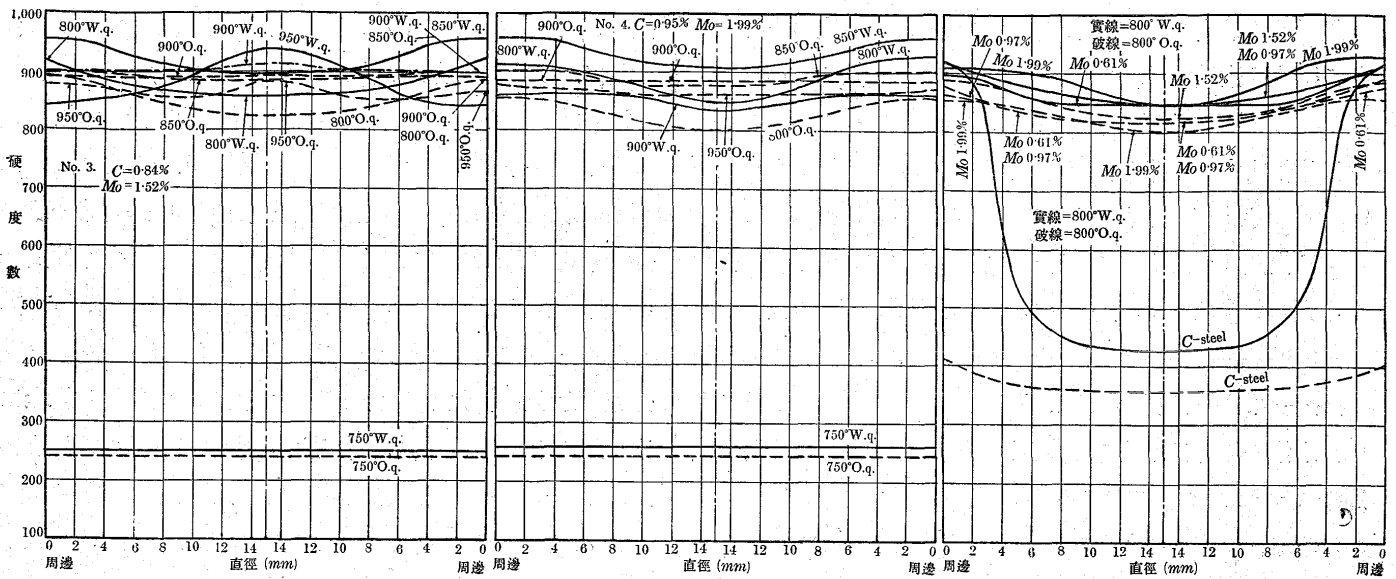
57 x 23 = 13, 11

11並

第 40 圖

第 41 圖

第 42 圖



にトルースタイト的部分あり又油浴にあつては水浴の場合に比し硬度は全體的に低いが略前者と平行に進む。唯周邊よりの平行部分は稍小なり。組織は中間より少量のトルースタイトを含む様になつて硬度減少す。850°C にあつては水浴のものは本系中の最高硬度を示し、マルテンサイトの針状細かく、トルースタイトは見出し得ない。油浴のものは水浴に比して硬度は相當低いが、週邊よりの硬化深度は6~7mm に及び中央、周邊の硬度の差小さい。組織は水浴のものに比しマルテンサイトの針状は稍粗目に見ゆる。900°C 水浴のものは第41圖に見る如く800°C 水焼入よりも硬度低いが周邊と中央の硬度差少く硬化の深度は周邊より約8mm 位に及ぶ。組織はオーステナイトを含むマルテンサイトにして硬度は必然的に低下したものである、油浴にあつては寧ろ水浴のものより硬度高く周邊及中央とも一様の分布を示す。水浴のものに比して残留オーステナイトの量の少きため此結果を見る。950°C 水焼入は焼割甚し

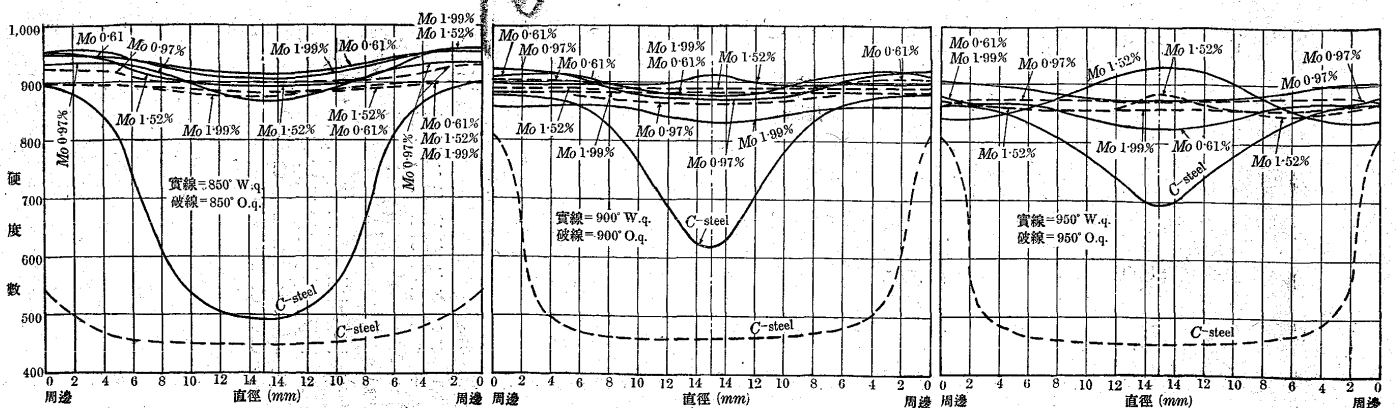
く測定不能、油浴のものは900°C 油焼入のものよりも硬度小さく且中央稍低下す。第22表に見る如く組織は中央に残留オーステナイトを多く止めたためなり。

Mo は冷却に際し鋼の變態點の降下を促進すること大にして其結果焼が入り易くなる、即第38~41圖に見る如く焼入温度800°C 以上に於ては總體的に硬度は餘り大なる差は認められない、今温度を一定にしMoの量による影響を見る時は800°C に於ては水浴の場合は第42圖に示す如く中心近く及周縁にあつては殆ど硬度一致し其中間に於ては焼入温度により多少の差を認むるも是れはMoの少ないもの程硬度小となる。又油浴の場合は稍不規則なれども大體に於てMo 1.52%の試料を除いてはMoの増加によつては總體的に稍低下す。而して水浴、油浴共に硬化に對して餘り差異なきことは圖によつて明かである850°C に於て焼入れた場合は第43圖に示す如く水浴にあつては0.61%のものは周邊の硬度は相當高く且中央部の硬度は

第 43 圖

第 44 圖

第 45 圖



57 x 16 = 9.12

最高位を示す。周縁の最高硬度は $Mo\ 1.99\%$ のものに於て見られ油浴にあっては $Mo\ 0.97\%$ は最も硬化度高く 1.99% のものは最も低い。今 $0.97\% Mo$ のものを見るに水浴油浴共周縁の硬度は大差ないが中央は水浴のものが却て低い結果を示す、然も油浴は周縁、中央の硬度の差少く略一様の分布に近い $900^{\circ}C$ に於ける焼入状態を見るに(第44 圖)水浴の場合では硬度の分布状態は周縁稍高く中央少しく低く目となるが油浴の場合では $Mo\ 0.97\%$ のものを除いては寧ろ水平の分布状態を見る $Mo\ 1.99\%$ の水焼入以外は水浴、油浴何れも硬化状態は大同小異なり $950^{\circ}C$ 油浴の場合は(第45 圖) $Mo\ 0.97\%$, 及 $Mo\ 1.99\%$ は殆ど水平の分布状態を示すが $0.97\% Mo$ の方は全體

的に硬度高く又 $1.52\% Mo$. での周縁に向ふだけ硬度は低下す、要するに Mo . の大なるもの程全體的に硬度を増加することが肯かれる。

Mo . は其含有量と共に、冷却の際に起る變態點の降下を促進するが同時に加熱温度の上昇と共に残留オーステナイトの量を増し反對に硬度の低下を來す。試験試料の周縁と中央との冷却速度の遅速によりマルテンサイトよりトルースタイトに迄進む程度は焼入温度の低いもの程大なり、第45 圖に於て $1.52\% Mo$ の試料の油浴と水浴とを比較するとき残留オーステナイト及熱歪等の條件が相當複雑に働き其等合成結果として此分布状態を説明し得べきものと考へられる。

構造用軟鋼鋼片の熱間剪断面状態とその材質に就いて

(日本鐵鋼協會第 17 回講演大會講演 昭和 12 年 4 月)

前 田 元 三*

ON THE CHARACTERISTICS OF HOT SHEARED SURFACES OF SOFT STEEL BILLETS FOR STRUCTURAL USES.

Genzo Maeda.

SYNOPSIS:—Hot sheared surfaces of rimmed steel billets show always various appearances. The author classified them into five kinds and pointed out that these appearances of billets depend mainly upon their degree of soundness.

Conversely, it is possible to determine the degree of soundness of a billet by the appearance of its sheared surface, which may profitably be applied to the selection of the material for its proper use.

目 次

- 1. 緒 言
- 2. 剪断面の外観
- 3. 剪断面状態と材質の凝離
- 4. 剪断面状態と鋼片の熱間及常温の機械的性質
- 5. 結 論

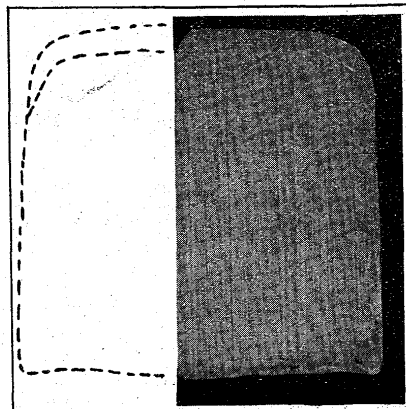
1. 緒 言

構造用軟鋼々塊を鋼片に壓延し熱間剪断して適當の長さとなす場合冷却後その剪断面を見ると同一熔解に於ても種々の状態のものを生ずる。然してその或断面を呈するものは材質不良と目され成品工場で歓迎されない場合が多く剪断面の状態と材質の關係を明かにし断面の状態から直ちに鋼片材質の良否を判断することが出来れば作業上甚だ便利なわけである。

尤もこの剪断面状態は材質のみならず剪断の仕方及び剪

断時の鋼片温度に影響されるものと思はれる。中でも剪断の仕方換言すれば剪断機の型式はかなり大きな影響を及ぼすもので剪断の鋭さ即ち上双と下双の食違ひの緊密さ及び

第 1 圖 剪断作用の鋭利な場合の鋼片剪断面(半面) $\times 1/2$



双先の水平となす角度によつて同一材料を切断しても断面状態が違ってくる場合がある。一般の大量生産工場に於ては簡單堅牢な水平な双で上から下に剪る型式が多くしかも上双と下双の食違ひに

* 八幡製鐵所研究所

2 — (6) 鋼 匹