

高速度工具に關する研究 (第3報)*

(第4回日本工學會大會, 日本鐵鋼協會第23回講演大會講演 昭15.4.東京)

堀田 秀 次**

STUDY ON THE HIGH SPEED STEEL (3rd Report)

Hidezi Hotta

SYNOPSIS:—18-4-1 standard high speed steels, which are generally used, contain as much as 18% tungsten. Owing to the scarcity of production of tungsten in Nippon, it is essential to decrease the content of tungsten or to add small amount of other elements, instead of large amount of tungsten in high speed steels. Following the first and second report (Tetu to Hagane, Vol. 23, 1937, No. 8, p. 787~798 & Vol. 27, 1941, No. 6, p. 373~404) the present paper dealt mainly with the following standard type and substitute materia's of high speed steels:—

- | | | |
|------------------------------------|---------------------------------|----------------------------|
| (1) 18-4-1 series (standard type). | (4) 8-4-1; 8-4-3; 8-4-5 series. | (7) 0-4-1; 0-4-4 series. |
| (2) 14-4-1 series. | (5) 4-4-1 series. | (8) 0-8-1; 0-18-4 series. |
| (3) 12-4-1 series. | (6) 2-4-1 series. | (9) 0-12-1; 0-12-4 series. |

Moreover the author dealt with the comparative study of acid and basic high speed steels by hardness test at normal and high temperatures, microscopic examination and cutting test, etc.

目 次

- I. 緒 言
 - II. 高速度鋼代用材の研究
 - [A] 従來行はれた研究
 - [B] 著者の行つた研究
 - 1. 試料の調製並に類別

タングステンを18%含有する標準型 1) 18-4-1系, タングステンを低減したもの 2) 14-4-1系 3) 12-4-1系 タングステンを極減したもの 4) 8-4-1系, 8-4-3系及び8-4-5系 5) 4-4-1系 6) 2-4-1系, タングステンを全然含有しないもの 7) 0-4-1系及び0-4-4系 8) 0-8-1系及び0-8-4系 9) 0-12-1系及び0-12-4系
 - 2. 實驗成績
 - a) 可鍛性
 - b) 比重の測定
 - c) 熱膨脹試験
 - d) 加熱によるスケール化損失の試験
 - e) 焼鈍温度が硬度に及ぼす影響
 - f) 焼入温度が硬度に及ぼす影響
 - g) 焼入鋼の焼戻温度が硬度に及ぼす影響
 - h) 焼入焼戻鋼が高温硬度に及ぼす影響
 - i) 耐磨減試験
 - j) 切削實用試験
 - k) 顯微鏡試験
 - 3. 價格の比較
 - 4. 實驗結果の綜合並に考察
- III. 酸性及び鹽基性高速度鋼の比較研究
 - 1. 試料の調製
 - 2. 實驗成績
 - a) 硬度試験 b) 顯微鏡試験 c) 切削實用試験

- 3. 實驗結果の綜合並に考察
- IV. 總 括

I. 緒 言

高速度工具に關する研究として著者は曩に第1報¹⁾に引續き第2報²⁾に於て高速度鋼の諸性質に及ぼす鍛造比, 鍛鍊温度の影響, 500°~600°C附近の焼戻硬化現象の理論的説明, 焼結附双工具製造法の改良並に焼結工具の諸性質に及ぼす原料粒子の大きさの影響等に關して述べたのである。

近來戰時體制下に於ける我國各種重工業に於ては殊に軍需方面に於ける生産力擴充の見地より之等の構成材料を高速度にて多數切削し得べき工具の必要に迫られて居るが戰時下物資不足を告げ易き現狀に於ては使用高速度鋼も従來廣く一般に使用せられて居る 18-4-1 標準型高速度鋼の如きタングステン量が 18% の多きに達するものは我國の如き此の種金屬の資源に乏しき國にあつては必ずしも適應したものであるとは謂ひ得ないのであつて, 之がタングステン量を節減するか又は此の代りに他の元素を少量置換添加せしめた所謂高速度鋼代用品を使用する要ありと考へる次第である。

W の置換元素として Mo 及び Co は W と同様我國に於ける不足資源の一であるが多量の W の代用として少量置換すること並に將來此の種資源の多量産出する場合を考慮に入れ本文に於ては之等のものを取て高速度鋼代用品と稱へ之が研究を遂行するは時局柄有意義なりと考へたのである。本研究に於ては上述の見地から W 量を低減又は極減したもの並に全然含有しないもの又は多量の W の代

* 本論文は昭和 11 年 10 月日本鐵鋼協會第 16 回講演大會, 昭和 13 年 4 月日本鐵鋼協會第 19 回講演大會並に昭和 15 年 4 月第 4 回日本工學會大會にて講演 (一部既報) したものの續報である。

** 吳海軍工廠製鋼實驗部, 海軍技師, 工學士

りに Mo 及び Co を少量添加したもの及び Cr, V の影響等に關する所謂高速度鋼代用品とも稱すべきものの系統的な研究を施行すると共に酸性及び鹽基性高速度鋼の比較研究を行つたのであるが概ね所期の成果を収め得たので其の経過を茲に報告する次第である。

II. 高速度鋼代用材の研究

A. 従來行はれた研究

18-4-1 系統の高速度鋼中の 18% の多量の W を減少したもの又は W の代りに Mo 其の他の元素を以て置換した所謂高速度鋼代用材に關しては近來外國の二三即ち獨逸、米國及び蘇聯等に於て研究せられたものがあるが大抵のものは切削試験の結果の報告に止まるものが多く、其他の諸性質に就て調査したものはあるが稀であり且一般に斷片のものが多い。

今茲に諸外國殊に獨、米兩國に於て従來施行された高速度鋼代用材の主要な研究結果を記せば概ね次の通である。

1. Emmons³⁾ の研究結果によれば Mo 8%, W 2%, Cr 4% 及び V 1% の低 W 高速度鋼は成績良好で之を米國では Mo -Max と呼び廣く使用されて居ると述べて居る。

2. Cone⁴⁾ も Emmons³⁾ と同様に Mo 7.5~8%, W 1.25~2%, Cr 4% 及び V 1% の成分のものは高速度鋼代用材として良いと述べて居る。

3. Luerssen 及び Greene 等⁵⁾ は最近米國で焼入工具鋼の靱性を衝撃振り試験で知る方法を述べて居るがこの中に於て W 14%, V 2.5% のものは W 18 又は 21% の如き高 W 高速度鋼と比較して靱性が著しく少いが工場で使用する場合には不都合でないことを述べて居る。

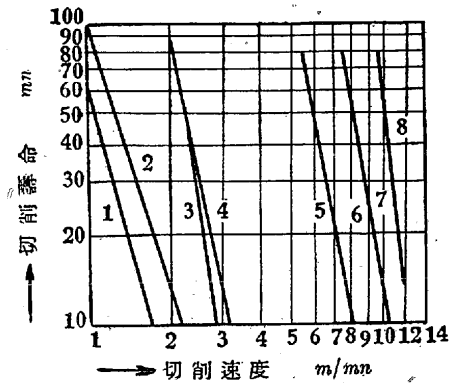
4. Scherer⁶⁾ は Mo 8%, W 2% の所謂 Mo -Max 鋼は 18-4-1 標準型と同等の切削能力を有するが 14-4-2.5 型鋼と比較すると著しく劣ると發表して居る。

5. Houdremont & Schrader⁷⁾ は W の少い高速度鋼の切削試験を施行し其の結論として W を節減しても Mo 又は V を少量添加すれば高 W の高速度鋼と同様又は其以上の切削壽命の工具が得られ、之は熱處理上に於て多少の缺點はあるがその克服は大して困難でないこと等を論じて居る。

6. Scherer⁸⁾ も W 量の少いもの竝に W を含有して居ない高速度鋼代用材に關して主として切削能力の比較試験結果に就き記述して居る。

7. Rapatz, Pollack 及び Holzberger 等⁹⁾ は W の少

い新高速度鋼と W の多い舊高速度鋼と切削速度を比較試



No.	C	Cr	W	Mo	V	切削速度 $V_{90}(m/min)$
1	1.0	—	—	—	—	1.0
2	2.0	13.0	—	—	—	1.2
3	1.3	14.0	—	—	2.0	2.1
4	1.3	14.0	—	2.4	—	2.2
5	0.75	4.0	18.5	—	0.6	5.8
6	0.75	3.5	2.5	3.5	0.8	7.8
7	0.8	5.0	10.5	0.8	1.0	8.2
8	0.8	6.0	2.8	4.7	0.8	9.8

第1圖 (Stahl u. Ei. 58 (1938) S. 265 に依る)

験し第1圖に示す成績の通り、兩者に於て大差のないことを述べて居る。

8. Fizia¹⁰⁾ も W の少いもの又は全然含有しないものの切削比較試験結果につき論じ高 W のものに優るとも劣らぬものがあることを論じて居る。

9. Houdremont¹¹⁾ は Mo 高速度鋼と高 W 高速度鋼の焼鈍の危険性に就て比較試験を行ひ其の結論として前者は後者よりも危険性が少く優つて居ると述べて居る。

尚以上の外 W を Mo で置換したもの等の研究に關しては Wallichs¹²⁾, Hohage & Grützner¹³⁾, Schrader¹⁴⁾, Houdremont¹⁵⁾, Oertel & Pölzger¹⁶⁾, Becker¹⁷⁾, Scheil & Kiwit¹⁸⁾ 及び Minkevitch & Ivanov¹⁹⁾ 等の發表があり又 Techni. Mitt. Krupp²⁰⁾ にも記載してある。

B. 著者の行つた研究

1. 試料の調製竝に類別 18-4-1 標準型高速度鋼中の W の量を低減したもの又は全然 W を含まないもの竝にこの代りに他の特殊元素を置換添加したものに關しては上述の如き既往の試験報告があるが何れも諸外國に於ける研究で主として切削實驗のみの報告に止まるものが多く又極めて系統的に研究の行はれたものは稀で殊に現在迄の處我國に於ける此の種の系統的な研究の發表あるを未だ殆ど聞いて居ないのである。

依つて著者は本研究に於ては第1表記載の主要成分を有するもので即ち 18-4-1 標準型高速度鋼中の W 量を低減

したもの、極減したもの、Wの全然なきもの又は此の代りMo又はCo等の特殊元素を少量添加したもの竝にCr、V量を變化したもので何れも0kg高周波爐で第2圖に示す形状寸法を有する25kg角型鋼塊各1本づゝ計30本を熔製した。

高速度鋼の分類法に關しては臨時日本標準規格により我國現用高速度鋼を成分的に觀て第1種から第4種迄の4種類に分ち其の他の一例としてW及びCo含有量から3種類に大別したもの¹⁾もあるが著者は本試験に供した之等の試料をW含有量に従ひ成分的に之を次の通り大別した。

W 18% 含有する標準型

1) 18-4-1 系

W を低減したもの

2) 14-4-1 系

3) 12-4-1 系

W を極減したもの

4) 8-4-1 系, 8-4-3 系及び 8-4-5 系

5) 4-4-1 系

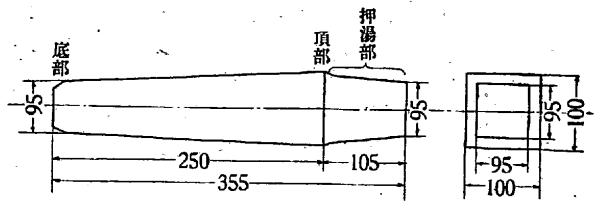
6) 2-4-1 系

W を全然含有しないもの

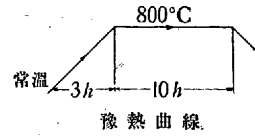
7) 0-4-1 系及び 0-4-4 系

8) 0-8-1 系及び 0-8-4 系

9) 0-12-1 系及び 0-12-4 系



第2圖 高速度鋼代用材研究用25kg角型鋼塊の形状寸法圖(單位mm)



本鋼塊は次の要領で鍛鍊を施した。

豫熱 最初石炭爐内で豫備加熱温度 800°C に達せしめ

10h 保熱した。其の豫熱曲線は上圖の通りである。

加熱 次に加熱用重油爐内に移し約 30mn にて鍛鍊温度 1,200°C に到らしめ同温度にて約 15mn 保熱した。

荒鍛鍊 1.5 吨蒸氣槌を使用し第1回荒鍛鍊を約5mn實施し加熱爐内にて 10~15mn 加熱後第2回荒鍛鍊を約5mn 實施した。荒鍛鍊は最初角型鋼塊の平面部を軽く鍛延する如くし鋼塊の隅角部に龜裂を生じたものは同部の疵取を行つたのである。

第1表 高速度鋼代用材の主要分析竝に配合成分(%)

類別	No	熔解番號	C	W	Cr	V	Mo	Co	類別	No	熔解番號	C	W	Cr	V	Mo	Co					
1) 18-4-1 系標準型	1	K 568	.80	18	4	1	—	—	6) 2-4-1 系	16	K 707	.80	2	4	1	—	—					
		△	.83	19.57	4.55	.82	—	—			K 708	.81	2	3.91	1.04	—	—					
		K 580	.80	14	4	1	—	—			△	.80	2	4	1	4	—	—				
2) 14-4-1 系	2	△	.82	14.45	4.64	.79	—	—	17	△	.82	1.97	3.77	.94	4.05	—	—					
		K 581	.80	12	4	1	—	—	18	△	.80	2	4	1	8	—	—					
		△	.79	12.03	4.40	.79	—	—	△	.78	2.78	4.02	.99	7.74	—	—						
3) 12-4-1 系	3	△	.80	8	4	1	—	—	7) 0-4-1 系及 0-4-4 系	19	K 710	.80	—	4	1	—	—					
		K 694	.80	8.22	4.11	.95	—	—			△	.82	—	4.00	1.07	—	—					
		△	.80	8	4	3	—	—			20	△	.80	—	4	1	4	—	—			
4) 8-4-1 系, 8-4-3 系及 8-4-5 系	4	K 696	.80	8	4	5	—	—	21	△	.80	—	4.18	1.05	3.91	—	—					
		△	1.04	8.41	5.27	4.44	—	—	22	△	.79	—	4.00	1.05	7.45	—	—					
		K 698	.80	8	4	1	1	—	—	△	.80	—	4	1	8	—	—					
		△	.80	7.98	4.20	.97	.97	—	—	23	K 720	.80	—	8	1	—	—					
		K 699	.80	8	4	1	3	—	—	△	.87	—	7.97	1.06	—	—						
		△	.80	8.16	4.25	1.10	2.85	—	—	24	△	.80	—	8	1	4	—	—				
		9) 4-4-1 系	5	K 700	.80	8	4	1	5	—	8) 0-8-1 系及 0-8-4 系	25	K 722	.80	—	8	1	8	—	—		
				△	.76	7.39	4.08	1.12	4.93	—			△	.81	—	8.22	1.08	3.66	—	—		
				K 701	.80	8	4	1	—	3			—	26	△	.80	—	7.96	1.11	8.17	—	—
				△	.79	8.09	4.06	1.01	—	3.44			—	△	.80	—	8	4	8	—	—	
				K 702	.80	8	4	1	—	5			—	△	.80	—	7	4	8	—	—	
				△	.79	8.05	4.20	1.00	—	5.26			—	△	.80	—	8	4	8	—	—	
K 703	.80	8	4	1	—	10	—	27	K 725	.80	—	12	1	—	—	—						
△	.77	8.00	4.12	.89	—	10.02	—	△	.79	—	12.09	1.07	—	—	—							
5) 4-4-1 系	5	K 704	.80	4	4	1	—	—	9) 0-12-1 系及 0-12-4 系	28	K 726	.80	—	12	1	4	—	—				
		△	.81	4.12	4.02	.88	—	—			△	.85	—	11.19	.97	3.63	—	—				
		K 705	.80	4	4	1	4	—			—	29	△	.80	—	12	1	8	—	—		
		△	.78	4.72	4.06	.87	3.96	—			—	△	.87	—	11.65	1.07	7.80	—	—			
K 706	.80	4	4	1	8	—	—	30	K 728	.80	—	12	4	8	—	—						
△	.84	4.66	4.32	1.02	7.98	—	—	△	.87	—	11.58	3.67	7.93	—	—							

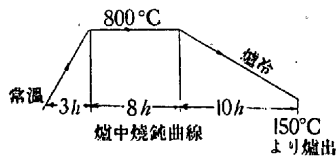
△印は分析成分を示す。

第2表 高速度鋼代用材の可鍛性比較表

熔解番	號	C	W	Cr	V	Mo	Co	鍛鍊の難易
K 568	8	18	4	1	—	—	—	容易
K 580	"	14	"	"	—	—	—	"
K 581	"	12	"	"	—	—	—	"
K 694	"	8	"	"	—	—	—	"
K 695	"	"	"	3	—	—	—	容易
K 696	"	"	"	5	—	—	—	困難
K 698	"	"	"	1	1	—	—	"
K 699	"	"	"	"	3	—	—	容易
K 700	"	"	"	"	5	—	—	困難
K 701	"	"	"	"	—	3	—	容易
K 702	"	"	"	"	—	5	—	困難
K 703	"	"	"	"	—	10	—	"
K 704	"	4	"	"	—	—	—	"
K 705	"	"	"	"	4	—	—	容易
K 706	"	"	"	"	8	—	—	"

熔解番	號	C	W	Cr	V	Mo	Co	鍛鍊の難易
K 707	8	2	4	1	—	—	—	容易
K 708	"	"	"	"	4	—	—	困難
K 709	"	"	"	"	8	—	—	"
K 710	"	—	"	"	—	—	—	容易
K 711	"	—	"	"	4	—	—	困難
K 718	"	—	"	"	8	—	—	容易
K 719	"	—	"	"	4	—	—	容易
K 720	"	—	8	1	—	—	—	"
K 721	"	—	"	"	4	—	—	容易
K 722	"	—	"	"	8	—	—	困難
K 723	"	—	"	"	4	—	—	"
K 725	"	—	12	1	—	—	—	容易
K 726	"	—	"	"	4	—	—	容易
K 727	"	—	"	"	8	—	—	困難
K 728	"	—	"	"	4	—	—	容易

仕上鍛鍊 次に荒鍛鍊材を再び 1,200°C に加熱し約 10mn 保熱した後第3回鍛鍊を約4mn 施行し 28×28×300mm なる切削試験片素材及び径 28mm, 高さ 15mm の落下式高温硬度試験片素材並びに 23×23×20mm の常温硬度及び顕微鏡試験用素材を何れも仕上鍛鍊によつて製作した。



仕上鍛鍊終了温度は約 900°C にして鍛鍊後は次の爐中焼鈍曲線に示す通り何れも 800°C に 8h 保熱後

爐中焼鈍を施行した。

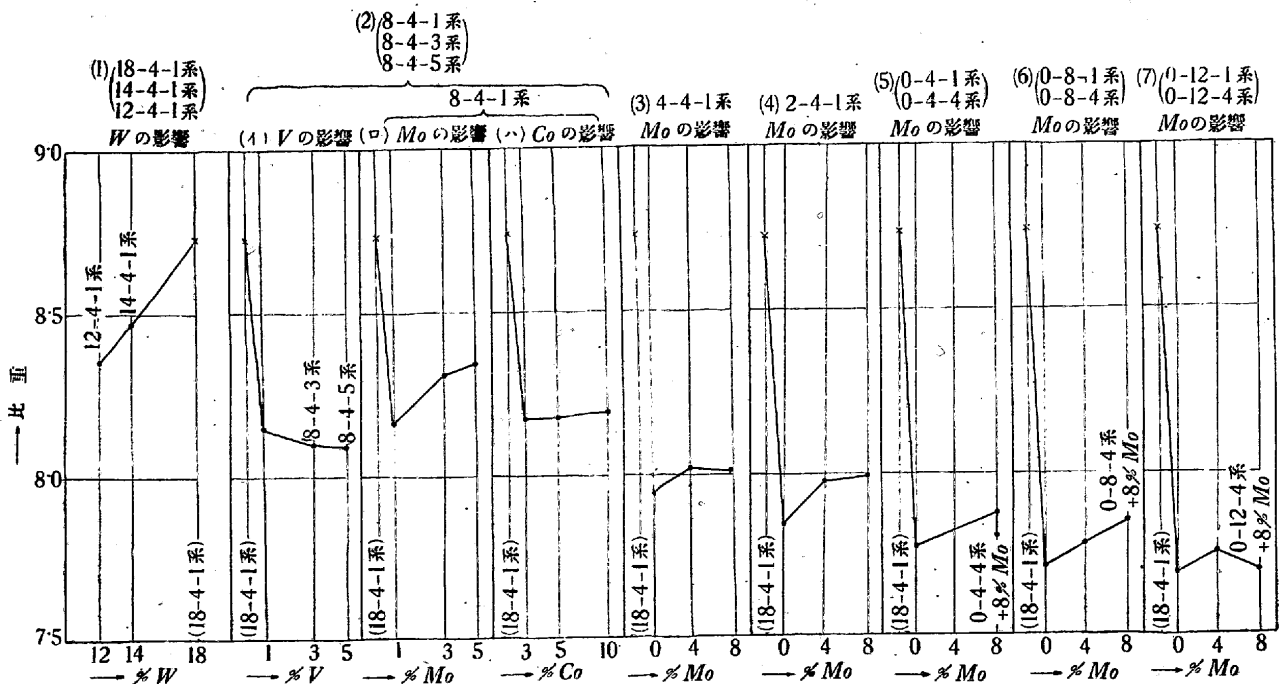
2. 實驗成績

a) 可鍛性 各鋼塊の鍛鍊の難易の程度を鋼種別に記載すれば第2表の通りである。以下本文に於ては各成分系の

成分の種別は便宜上總て配合成分を以て示すこととした。

本成績を觀るに 18-4-1 標準型及び W の量を低減したものは鍛鍊容易にして次に此の W の一部を Mo を以て置換するときは Mo の含量の増すに従ひ其の可鍛性稍小となる傾向があるが其の影響は少く實際作業上大なる支障なく又 Co を添加したものは Co 10% 迄でも鍛鍊は比較的容易である。又 Cr 及び V 量を増加するも可鍛性は大である。

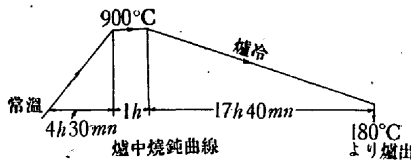
b) 比重の測定 高速度鋼の比重に關しては Townsend²²⁾ 及び Scott²³⁾ 等の研究があるが高速度鋼代用材に關しては從來之が測定結果の發表されたものは稀である。著者は各種高速度鋼代用品の鍛材を次頁の爐中焼鈍曲線の通り 900°C に 1h 保熱し爐中徐冷後寸法 10×10×30mm なる角材に機械加工により切出し全面を研磨精仕上げした後、其



第3圖 高速度鋼代用材の比重測定成績 (試験片各2個宛測定の平均値を示す)

の比重を實測した。

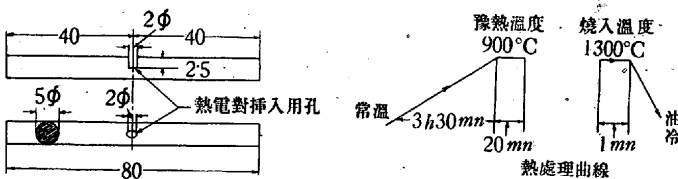
實測した各鋼種2個づきの平均比重は第3圖に示す通り



であつて比重大なる W を節減した代用鋼の比重は標準型よりも概して

著しく小である。従つて大型ムクバイト類として寸法 $50 \times 75 \times 700 \text{mm}$ のものを現場用として使用の場合 W 量の少い例へば 2-4-1 系 + Mo 8% のものは重量約 20.9kg であつて 18-4-1 標準型の重量約 22.9kg よりも約 2kg 輕減される。

e) 熱膨脹試験 高速度鋼の變態點の測定に關しては從來 Carpenter²⁴⁾ の研究がある。即ち氏は第1種高速度鋼に相當する鋼の變態點を示差熱分析法で測定し其の結果、變態は 777°C より始まり $826^\circ\text{C} \sim 834^\circ\text{C}$ で完結して居ることを述べた。又 Pözlgruter²⁵⁾ は高速度鋼の A_{e1} 變態は $780^\circ\text{C} \sim 840^\circ\text{C}$ 附近にあると述べて居り、其の他の諸氏の研究もあるが著者は高速度鋼代用材を供試材とし、本多式示差熱膨脹試験機により上圖の寸法を有し熱膨脹試験片の眞



本多式示差熱膨脹試験片の形狀寸法圖(單位mm)

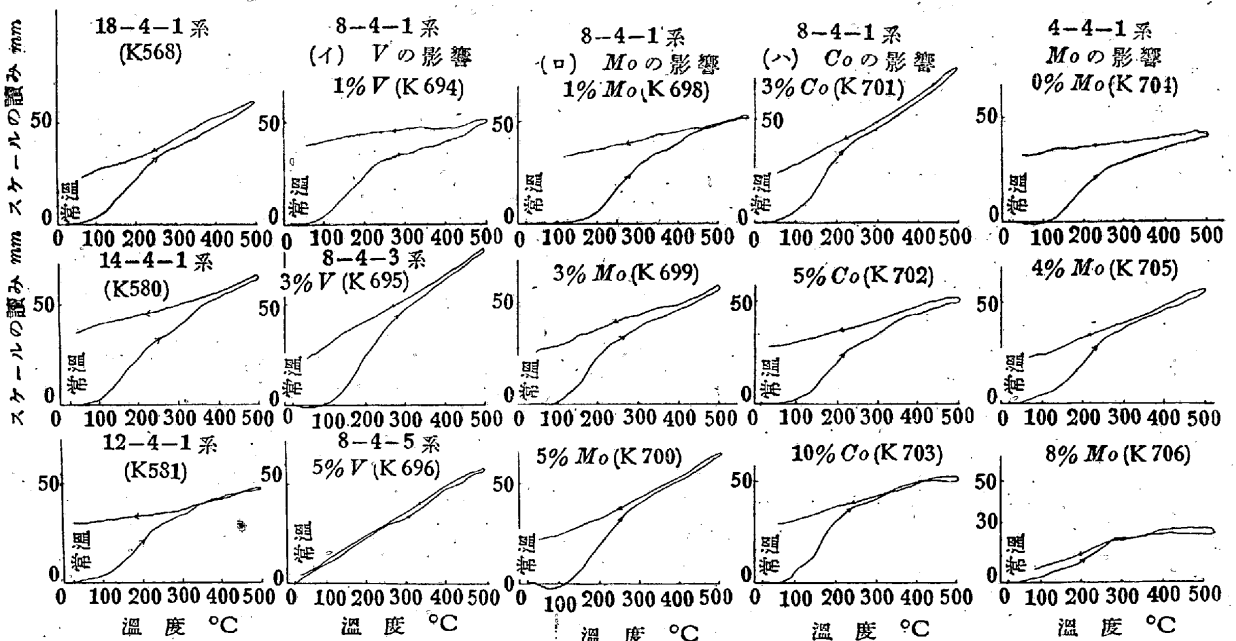
の溫度を實測し得るよう其の中央部に白金・白金ロヂウム熱電對挿入用の孔を附したるものを使用し之をニクロム電熱爐にて豫熱溫度 900°C にて 20mn 保熱後直にシリット電氣爐内にて燒入溫度 1300°C に 1mn 保熱し油冷した供試材につき本試験機附屬の電氣爐内で夫々 500° 及び 600°C に加熱後爐中冷却し其の熱膨脹曲線を求めた。

第4圖は夫々試験溫度 500° 及び 600°C に於ける熱膨脹曲線である。

この $500^\circ \sim 600^\circ\text{C}$ 燒戻による變態現象に關する理論的説明に對しては著者は第2報²⁾ に於て既に詳述したので茲では之が詳細な理論的の説明を省くが本成績の加熱曲線に就て見るも約 $100^\circ \sim 250^\circ\text{C}$ 附近に於て示差熱膨脹曲線は一般に上昇の傾向を示すは第2報²⁾ に述べた通り α マルテンサイトより β マルテンサイトの變化を示すものと考へられる。

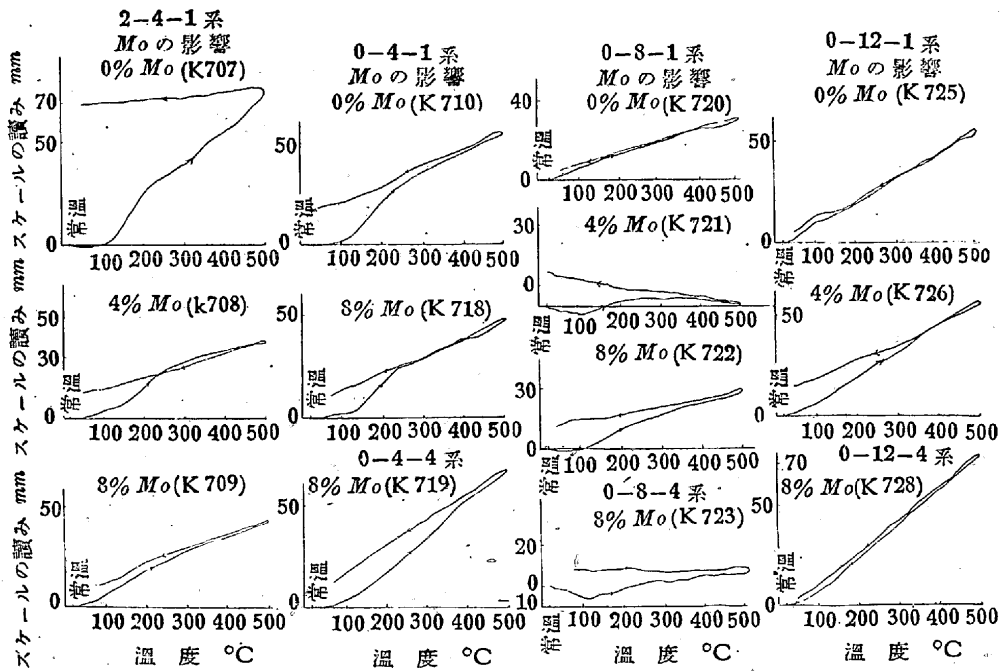
又加熱曲線に於て $300^\circ \sim 400^\circ\text{C}$ 附近で概して極めて僅かの膨脹を來す傾向を示すは γ 鐵より α 鐵への變化に伴ふ現象でオーステナイトの分解により α 鐵の出来る爲であらうと考へられる。次に冷却曲線に就て観るに 500°C より爐中冷却したのものにあつては $100^\circ \sim 150^\circ\text{C}$ 附近で一般に極めて僅少の收縮を示し殆ど顯著な變態を現はさない程度であるのに反し加熱溫度 600°C から爐中冷却したものの冷却曲線に於ては異常膨脹現象を來して居るものが可成り多い。之は第2報²⁾ に於て單なる残留オーステナイトよりマルテンサイト化でなく残留オーステナイトは炭化物を或程度析

[A] 500°C より爐冷の場合



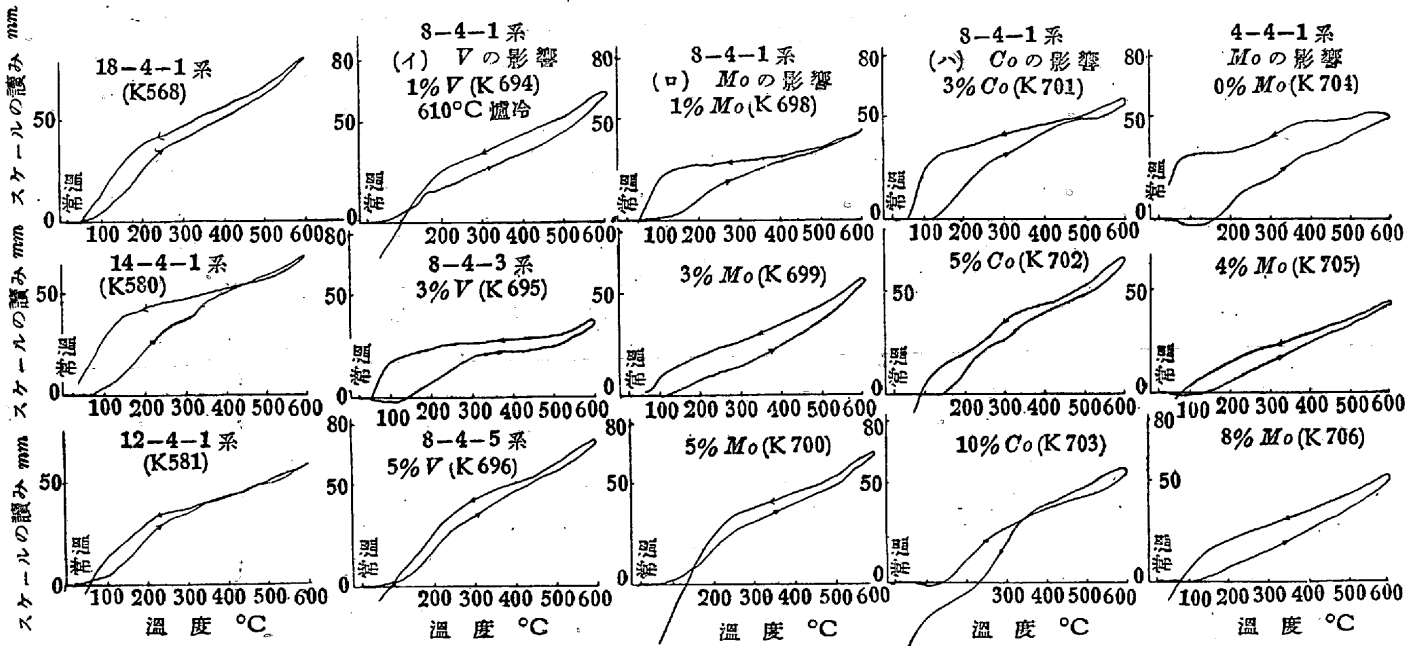
第4圖 (I) 高速度鋼代用材の熱膨脹曲線 (I)。(本多式示差熱膨脹試験機による)

[A] 500°Cより爐冷の場合



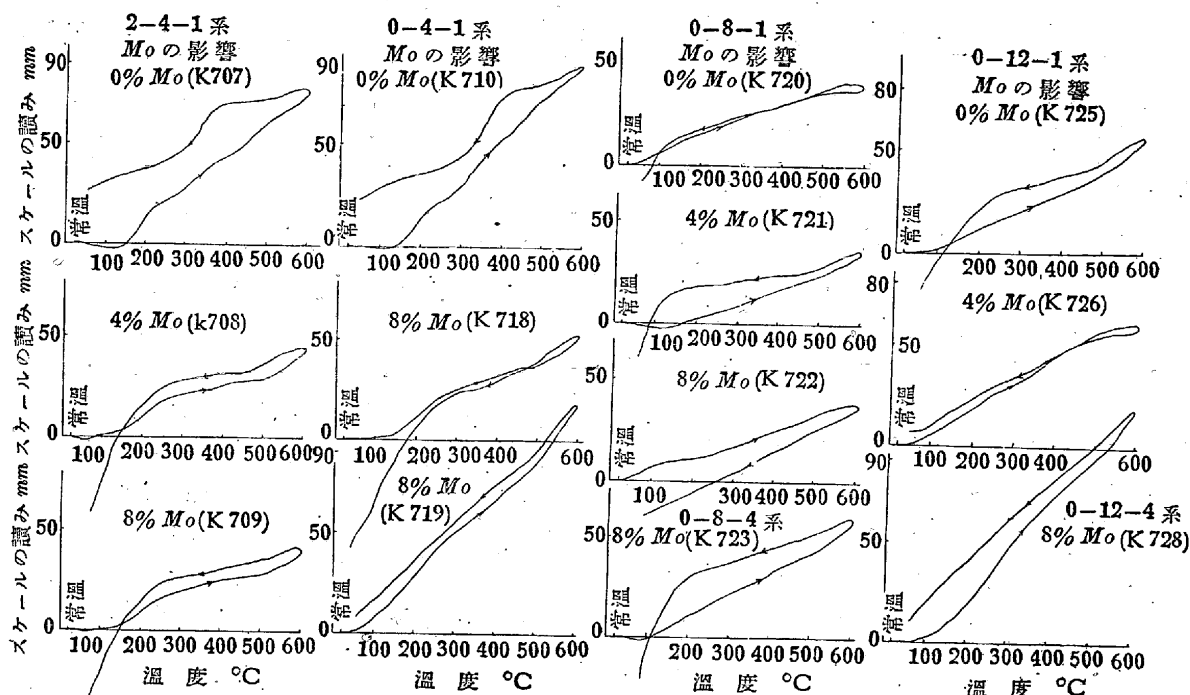
第4圖(II) 高速度鋼代用材の熱膨脹曲線(II) (本多式示差熱膨脹試験機による)

[B] 600°Cより爐冷の場合



第4圖(III) 高速度鋼代用材の熱膨脹曲線(III) (本多式示差熱膨脹試験機による)

[B] 600°Cより爐冷の場合



第4圖(IV) 高速度鋼代用材の熱膨脹曲線(IV) (本多式示差熱膨脹試験機による)

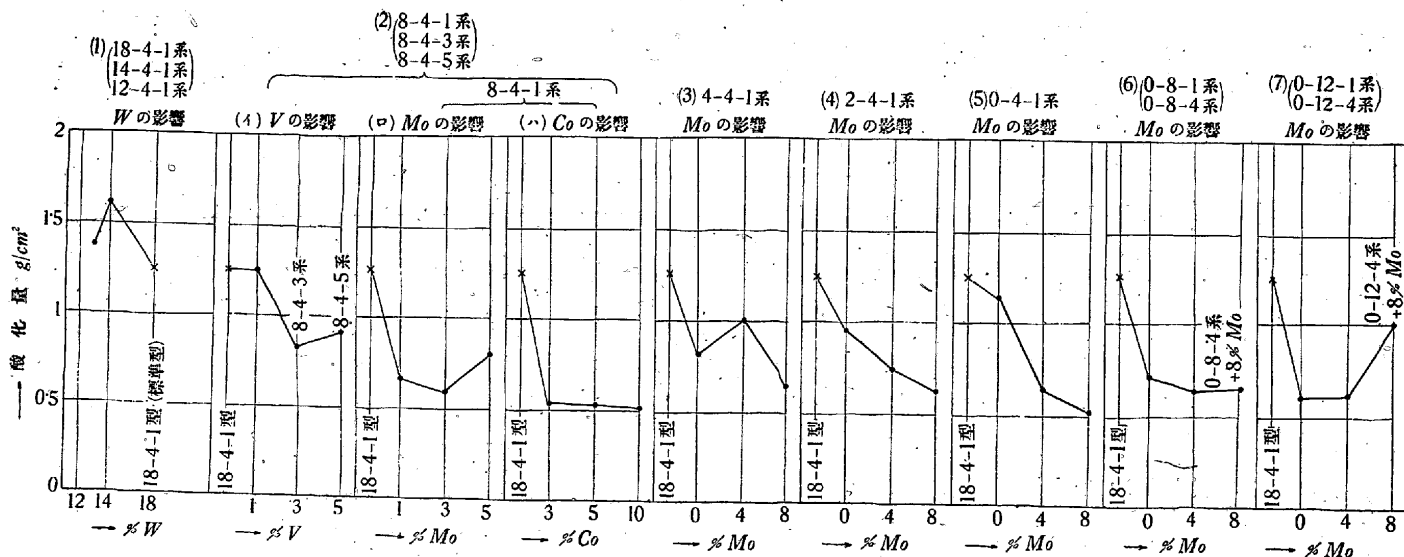
出する爲オーステナイトは不安定となり γ - α 變態を來すに因るものであると説明した處である。本成績に於ても前同²⁾の成績と同様含 C_0 高速度鋼は含 Mo 高速度鋼よりも本變態が顯著に現はれる傾向を明白に示して居る。

d) 加熱によるスケール化損失の試験 W を低減し Mo を置換添加したものは高温度に於ける加熱により表面に生ずるスケールの状況を調査する要ありと考へたので加熱温度 $1,200^\circ C$ にて $10h$ 酸化性ガス中で保熱し其の加熱に基づくスケール化損失を測定したのである。この成分-酸化量曲線は第5圖に示す通りである。

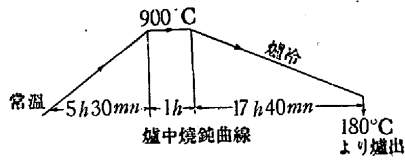
本成績より判明する通り一般に W 量の多きもの程スケール化損失大にして W を低減し添加 Mo 量の多きもの程スケール化も減少して居る傾向を示す。従つて本研究により W を減少せしめ Mo 量を高めた新高速度鋼は實際の熱處理時に於てスケール化損失は心配の要なきことを明確にし得た。

e) 焼鈍温度が硬度に及ぼす影響 供試各鋼種の鍛材より硬度試験片として $20 \times 20 \times 15 mm$ のものを切出し次頁の爐中焼鈍曲線に示す要領で熱處理を施行した。

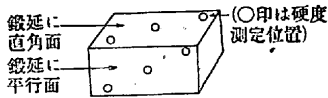
之に就き其の鍛延方向に直角竝に平行な面に於て次頁の



第5圖 高速度鋼代用材の成分-酸化量曲線

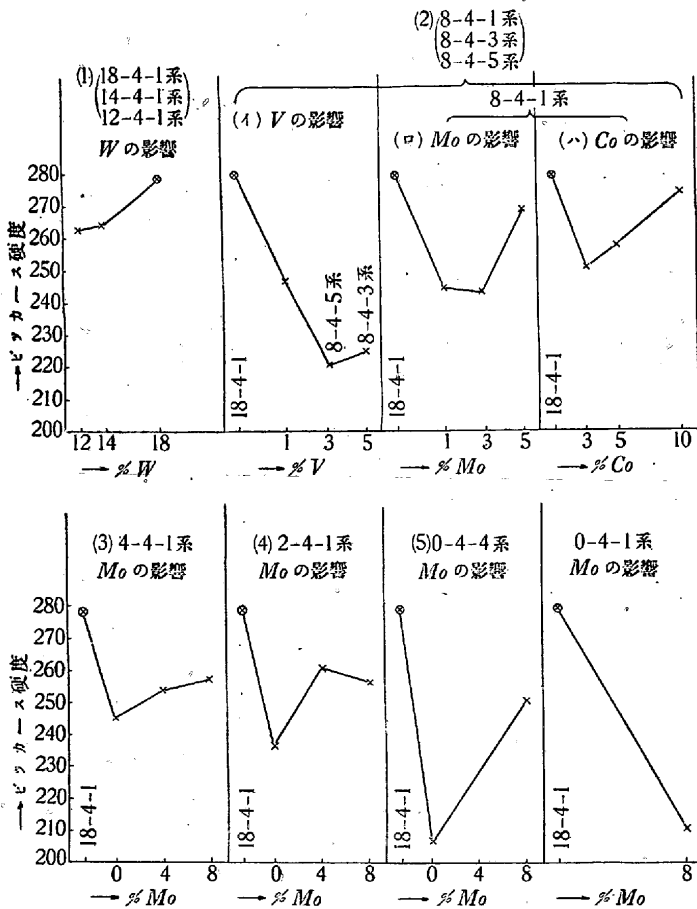


圖の通り各3箇所づゝ計6箇所に於てピツカース硬度を測定し其の平均値を算出した。



この爐中焼鈍した高速度鋼代用材の成分—硬度曲線は第6圖に示す通りである。今之をW量の差異により類別し、即ち標準型の18%WよりWを低減した14%及び12%のもの、更にWを極減した8.4及び2%のもの及びWを全然含有しない0%のものを夫々一纏めとした成分系に就て本結果を詳記すれば次の通りである。

○印は18-4-1系標準型の値を示す(900°C×1h 爐中焼鈍)
(鍛延に直角及び平行面各3箇所宛測定の平均値を示す)



第6圖 爐中焼鈍した高速度鋼代用材の成分—硬度曲線

1) 18-4-1系, 14-4-1系及び12-4-1系 Cr 4%及びV 1%を何れも含有しW量夫々18, 14及び12%

含有したる3種の本試料に於てはW量多きもの程爐中焼鈍硬度も増大する。

2) 8-4-1系, 8-4-3系及び8-4-5系 8-4-1系は標準型より焼鈍硬度低くこのV含有量を3及び5%に増加した8-4-3系及び8-4-5系は却つて硬度を低下する。8-4-1系にMoを5%添加したものの硬度も標準型より小である。8-4-1系にCoを添加するときはその量に従ひ硬度を増しCo 10%のものは標準型に近い値を示す。

3) 4-4-1系 4-4-1系は標準型より爐中焼鈍硬度低く之にMoを4~8%添加すればその量に従ひ硬度を上昇するが標準型よりも低下する。

4) 2-4-1系 2-4-1系の硬度も標準型より低く之にMoを4~8%添加すれば硬度を上昇するが標準型よりは低い。

5) 0-4-1系及び0-4-4系 0-4-1系は標準型より硬度低く之にMo 8%を添加すれば硬度を上昇するが標準型よりは小である。

0-4-4系にMo 8%を添加したものは0-4-1系と略同等の硬度を示す。

6) 0-8-1系及び0-8-4系 0-8-1系の硬度は標準型より低い。之にMo 4~8%を添加すれば硬度を増すが標準型よりは低い。0-8-4系にMo 8%を添加のものも標準型より稍小である。

7) 0-12-1系 0-12-1系は標準型より硬度著しく低く、之にMoを4%添加すれば硬度を増すも標準型よりは稍低い。

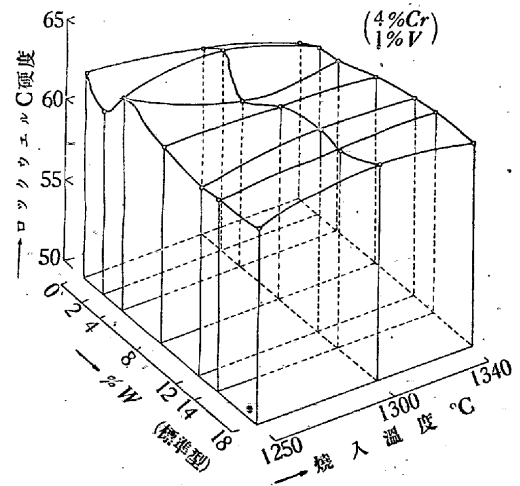
結果の概要 之を要するに標準型のWを低減したも

の竝にWの代りにMo又はCoを少量添加したものの爐中焼鈍状態の硬度は一般に標準型より低い。高W-高速度鋼が低Wのものより焼鈍による硬度の大なるは焼鈍の際オーステナイトに固溶しないやうな安定なWの炭化物を析出する結果であらうと考へられる。本成績はWを低減したる所謂高速度鋼代用材の爐中焼鈍状態に於ける機械加工が標準型に比較して容易なる特性あることを本研究により明示したものであつて、實際作業上に於ても高速度鋼の如き極めて硬質のもの機械加工を容易になし得ることは取扱上種々の利點がある譯でこの點より觀てWを低減したる所謂高速度鋼代用材は有利である。

f) 焼入温度が硬度に及ぼす影響 高速度鋼の熱處理の一般に關しては種々研究せられたものがあり²⁶⁾又高速度鋼を焼入する場合の焼入温度加熱用爐の爐況に關しても從來

Tour^{27), 28)}は爐内の雰囲気気を自由に調節し中性又は還元性ガス中で加熱し酸化脱酸を防ぎ又爐の設計には局部加熱のないやうに注意を拂ふ必要があると述べて居る. Brophy及び Harrington²⁹⁾等は爐内の高温雰囲気は特に其の焼入組織に著しい影響をなし従つてその性質に対しても微妙な作用を與へるものなることを記述し其他 Grossman³⁰⁾等の研究があるが、著者は上記の如く爐中焼鈍した高速度鋼代用材の硬度試験片をその焼入前焼入の際の焼割防止の見地より次の熱処理曲線に示す通りニクロム電熱爐内で 900°C 迄徐々に豫備加熱を行ひ 40mn 保熱した後直にシリット爐内で夫々 1,250°, 1,300° 及び 1,340°C の焼入温度に加熱し夫々 4mn 保熱後常温の白絞油中に急冷した. かくの如く焼入温度を熔融點直下附近の極めて高温迄加熱する理由は焼鈍状態で微細に存在する炭化物固溶體をオーステナイト中に多量固溶せしめる爲であつて炭化物固溶體が多量固溶すればオーステナイトは安定となり焼入によつて多量の残留オーステナイトを得、之が焼戻の際微細なマルテンサイトに變化するのみならず炭化物固溶體が再び一層微細に且均一にマルテンサイト中に析出して高速度鋼の性能を發揮するからである. 低 W 鋼は焼割れの率が可成り多いと云ふ事も云はれて居るが³¹⁾著者の研究では上述の通り可成りこの點に留意して焼入を行つた結果、低 W のものでも焼割れは殆ど生じなかつたのである. 之等

焼入後のロツクウェル C 硬度を測定した.

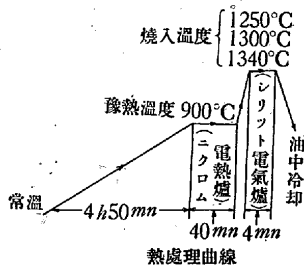


第7圖 高速度鋼代用材のW量—焼入温度—硬度曲線

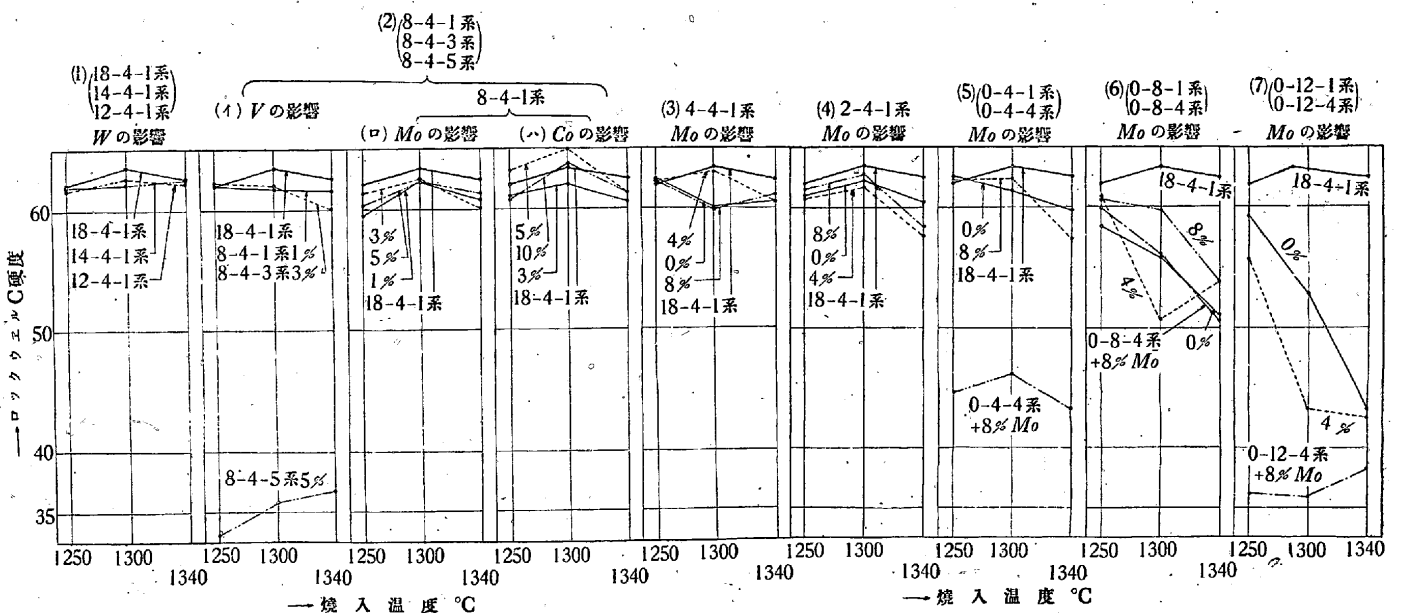
其の W 量、焼入温度と硬度との關係は第7圖に示す通りで一般に W 量の低減により硬度稍低下するが其の割合は比較的僅少であつて一般に焼入温度 1,300°C の硬度は高く、1,340°C 之に次ぎ 1,250°C は之より稍低下の傾向を示す.

第8圖は各成分系別に焼入温度と硬度との關係を圖示したもので之に就て詳述すれば次の通りである.

- 1) 18-4-1系, 14-4-1系及び 12-4-1系 焼入温度 1,300°C の硬度は最も高く、1,340°C 之に次ぎ硬度大で 1,250°C は之より稍低い. 一般に 18-4-1系の硬度は最高で 12-4-1系及び 14-4-1系は之より稍低い.
- 2) 8-4-1系, 8-4-3系及び 8-4-5系
 - イ) Vの影響 8-4-1系の V量が1及び3%のと



いと云ふ事も云はれて居るが³¹⁾著者の研究では上述の通り可成りこの點に留意して焼入を行つた結果、低 W のものでも焼割れは殆ど生じなかつたのである. 之等



第8圖 高速度鋼代用材の焼入温度—硬度曲線

きは焼入温度 1,250° と 1,300°C では硬度に大差がなく 1,340°C の場合よりも稍高い。何れも 18-4-1 標準型よりも稍硬度が低い。▽5% の 8-4-5 系のときには之と反対に焼入温度 1,340°C の方が 1,300° 及び 1,250°C よりも硬度が高い。又 ▽5% のものは標準型よりも硬度が著しく低い。

ロ) Mo の影響 8-4-1 系に Mo 量夫々 1, 3 及び 5% を添加したものは一般に焼入温度 1,300°C の硬度が最大で、1,250°C 及び 1,340°C は之より低下する。本系のものも 18-4-1 標準型より硬度が稍低い。

ハ) Co の影響 Mo の場合と同様焼入温度 1,300°C の硬度が最大である。Co 量と焼入硬度との関係は Co 5% のもの硬度最大で標準型より硬度高く Co 10% 及び 3% 之に次ぎ大である。

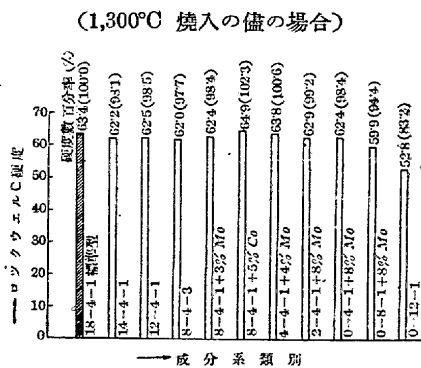
3) 4-4-1 系 4-4-1 系に Mo 4% 添加したものの焼入硬度は 1,300°C が最高で標準型に近い値を示して居るが 8% 添加のものは 1,300°C の焼入硬度が低下して居る。

4) 2-4-1 系 2-4-1 系並に之に Mo 量夫々 4 及び 8% 添加したものは焼入温度 1,300°C の硬度が最大で 1,250°C の硬度之に次ぎ高く、1,340°C は之より硬度を低下し何れも標準型より稍硬度が低い。

5) 0-4-1 系及び 0-4-4 系 一般に焼入温度 1,250° 又は 1,300°C の硬度は 1,340°C よりも硬度大であつて 0-4-4 系に Mo 8% 添加の硬度は 0-4-1 系又は之に Mo 8% 添加したものよりも硬度が著しく低下して居る。

6) 0-8-1 系及び 0-8-4 系 一般に焼入温度の低い方が硬度が高い傾向があるが何れも標準型よりも焼入硬度が低下して居る。

7) 0-12-1 系及び 0-12-4 系 0-8-1 系及び 0-8-4



第9圖 高速度鋼代用材の各成分系中硬度大なるもの成分—硬度曲線

(括弧内の數値は標準型の硬度を 100% としての比率を示す)

系と略類似の傾向を示して居るが 0-12-1 系又は 0-12-4 系に Mo を添加しても焼入硬度を向上し得ない。

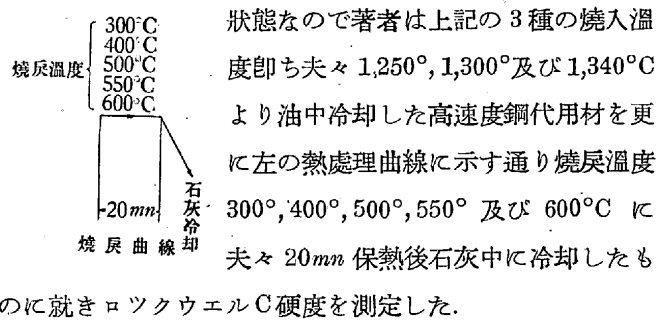
結果の概要 上記の各成分系中 1,300°C 焼入の儘の場合の硬度大なるもの成分—硬度曲線を書けば第9圖の通りである。

今各成分系の種別により上記の焼入温度と硬度との関係を調査した結果を要約するに一般に 18-4-1 標準型並に W を低減した 14-4-1 系及び 12-4-1 系では焼入温度 1,300°C の硬度が最高で 1,340° 及び 1,250°C のものは之に次ぎ稍低く W を極減したる 8-4-1 系及び 2-4-1 系では 1,300°C の硬度最大で 1,250°C の硬度之に次ぎ 1,340°C の硬度は之より稍低下する。

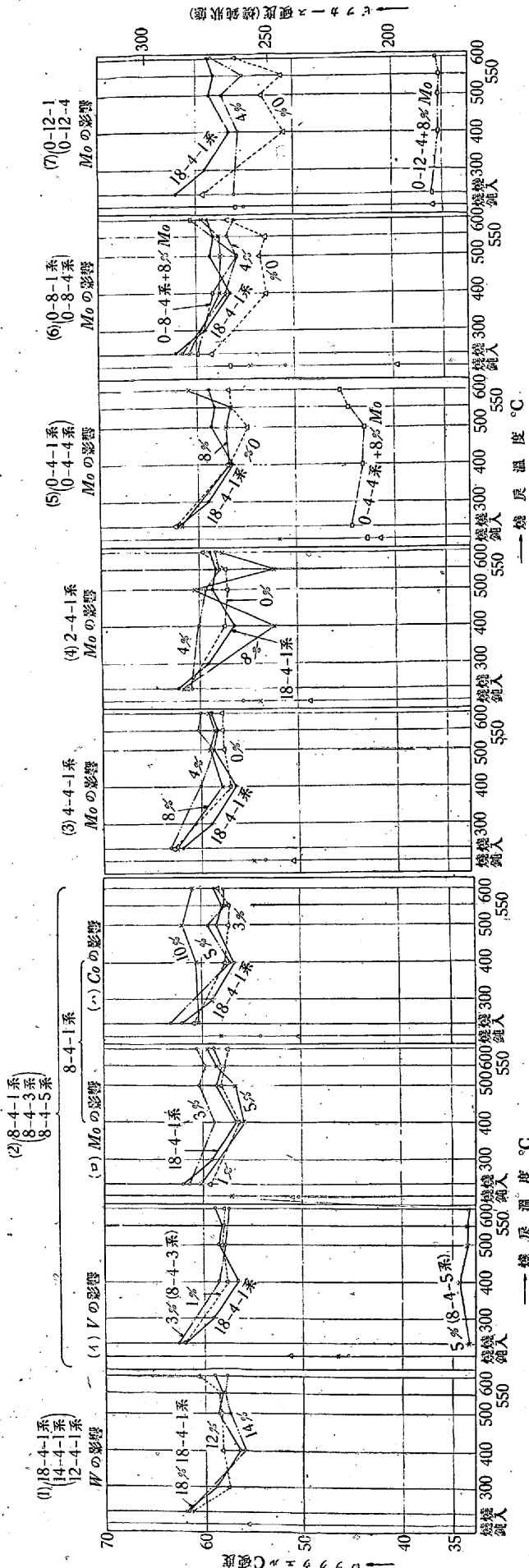
又 0-4-1 系、0-8-1 系及び 0-12-1 系等に於ては焼入温度 1,250°C の硬度が最高で 1,300°C は之に次ぎ大で 1,340°C の硬度はかなり低下する傾向がある。

本成績の如く W 量と焼入温度及び硬度の間には相関性あることを知り得た次第である。

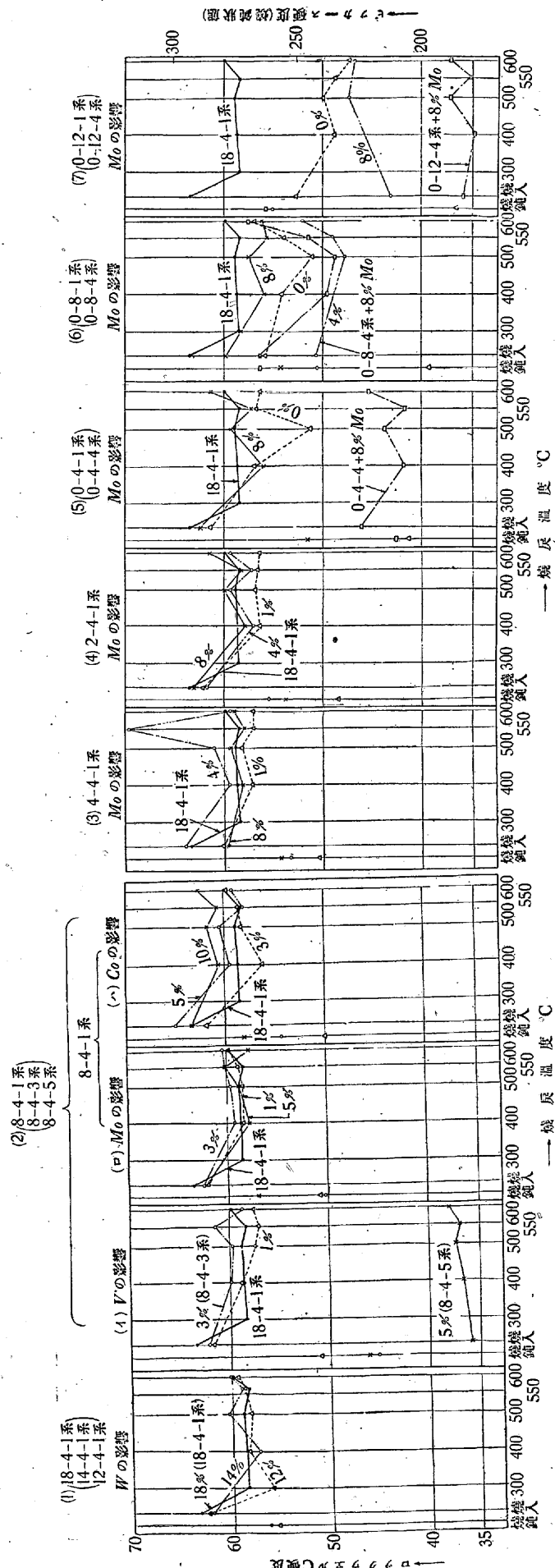
g) 焼入鋼の焼戻温度が硬度に及ぼす影響 高速度鋼の焼戻温度と硬度との関係に就ては既に發表せられたものが可成りある^{32), 33)}が所謂高速度鋼代用材に關するこの種の研究は我國で發表せられたものは殆どないと云つてもよい



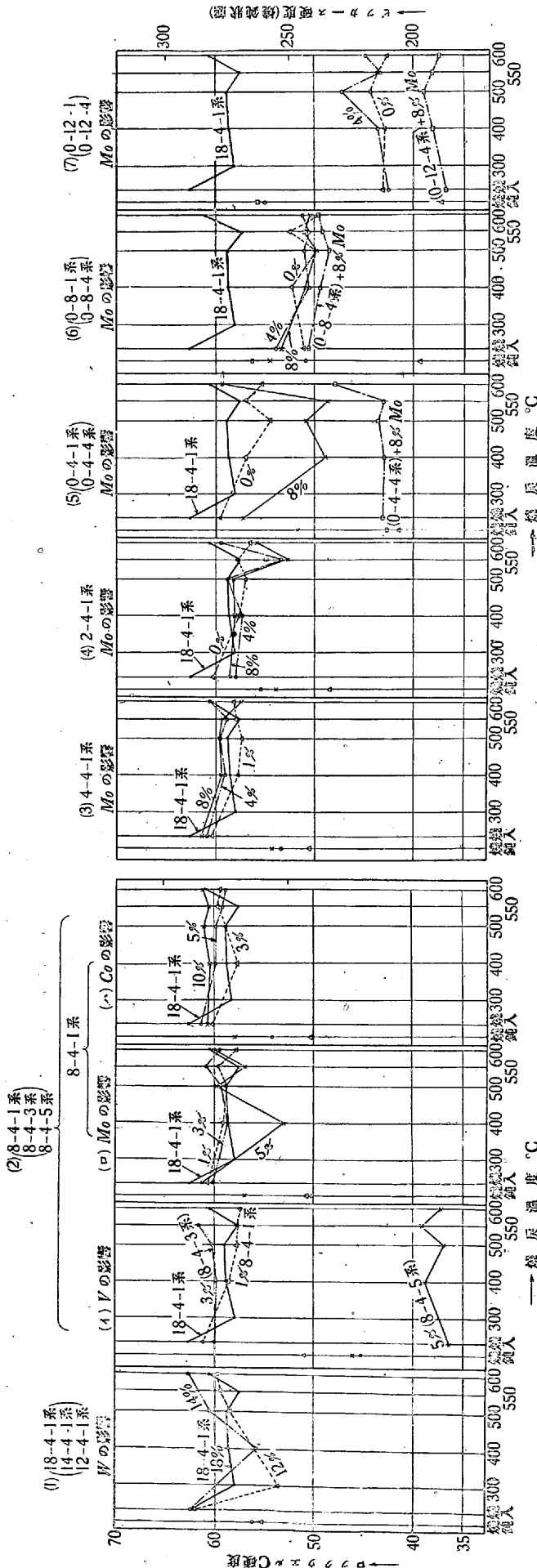
第10圖(其1) 高速度鋼代用材の W 量—焼戻温度—硬度曲線



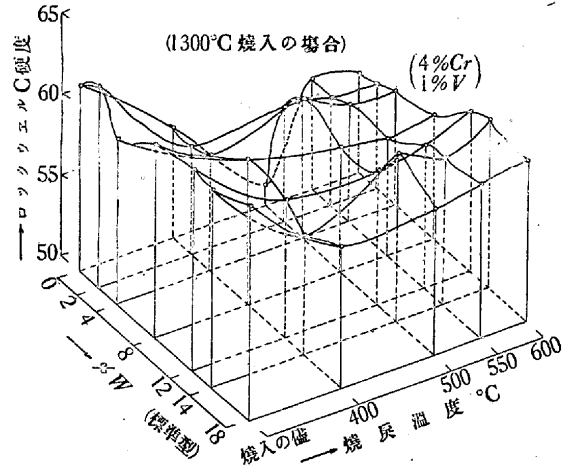
第11圖 1,250°Cより焼入したる高速度鋼代用材の焼戻温度-硬度曲線(縦延に直角並に平行面各3箇所づゝ測定した平均値を示す)



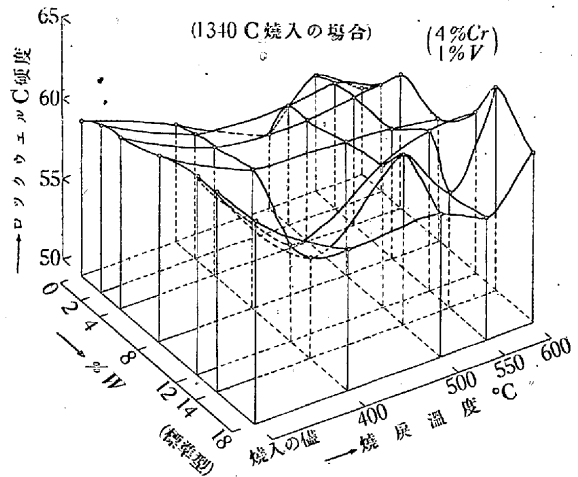
第12圖 1,300°Cより焼入したる高速度鋼代用材の焼戻温度-硬度曲線(縦延に直角並に平行面各3箇所づゝ測定した平均値を示す)



第13圖 1,340°Cより焼入したる高速度鋼代用材の焼戻温度-硬度曲線(縦延に直角位に平行位に3箇所づゝ測定の平均値を示す)



第10圖(其2) 高速度鋼代用材のW量-焼戻温度-硬度曲線



第10圖(其3) 高速度鋼代用材のW量-焼戻温度-硬度曲線

此の3種の焼入温度に於けるW量と焼戻温度と硬度との関係は第10圖(其1~3)に示す通りで、W量の低減により硬度稍減少するも其の減少率は比較的僅少で甚しい硬度の差異は認められない。

其の成分系別に焼戻温度と硬度試験成績の関係を圖示したものは夫々第11~第13圖である。尙本圖には比較的爲焼鈍状態に於けるピツカース硬度をも併記して置いた。

以下成分系による類別に従ひ焼入鋼の焼戻温度と硬度との関係を述べれば概ね次の通りである。

1) 18-4-1系, 14-4-1系及び12-4-1系 14-4-1系及び12-4-1系を上記3種の焼入温度より油中冷却後焼戻温度300~600°C迄の間に於て熱処理したものの硬度は一般に500~600°C焼戻の硬度が稍高い値を示して居り18-4-1系と大體に於て同等程度である。

2) 8-4-1系, 8-4-3系及び8-4-5系

イ) Vの影響 8-4-1系を上記3種の焼入温度より油中焼入し焼戻温度 300°~600°C より石灰中冷却したものの硬度は焼入温度 1,250°C の場合を除き焼戻温度の大なる程稍硬度を低下し標準型に略近い値を示す。

本系の V 量を 3% に増加した所謂 8-4-3 系の硬度は焼戻温度 550°C の場合が概ね最高で各焼戻温度を通じ標準型より硬度稍大であるが更に V 量を 5% に増加した所謂 8-4-5 系の焼戻硬度は之より著しく低下する。

ロ) Mo の影響 8-4-1 系に Mo を 1 及び 5% 添加したものの各温度に熱処理後の硬度は焼戻温度 500°~600°C の場合が概ね高く 18-4-1 系と略同等の成績を示し Mo を 3% 添加したものの 1,340°C より焼入後の焼戻硬度も同様であるが 1,250°C 及び 1,300°C より焼入後の焼戻硬度は之より大である。

ハ) Co の影響 8-4-1 系に Co を 3~10% 添加したるに Co 3% 添加のものの各焼戻温度に於ける硬度は標準型と概ね同等にして Co 5% を添加すれば之より稍硬度を増し 10% を添加せば更に硬度を上昇せしむ。

3) 4-4-1 系 4-4-1 系の硬度は各焼戻温度を通じて大差なく概して標準型より稍低下するも本系に Mo を 4% 添加したものの焼戻温度 550°C に於ける硬度は著しく高い。Mo を 4% 及び 8% 添加したものの硬度は各焼戻温度を通じ標準型と略同等か又は之より稍大である。

4) 2-4-1 系 2-4-1 系を 1,300° 及び 1,340°C より焼入し 400°, 500°, 550° 及び 600°C より夫々焼戻したものの硬度はその焼戻温度の差異により硬度に影響を認めず、且標準型より一般に稍低いが之を 1,250°C より焼入し 600°C より焼戻後の硬度はかなり高く各焼戻温度を通じて標準型と同程度の硬度である。

又 2-4-1 系に Mo を 4 又は 8% 添加したるに焼入温度 1,250° 及び 1,300°C の場合には焼戻硬度は標準型と同程度なるも 1,340°C の場合には焼戻硬度は之より稍低下する。

5) 0-4-1 系及び 0-4-4 系 0-4-1 系の焼戻温度 550°C の硬度は最大で各焼戻温度を通じて標準型より稍低い。

0-4-1 系に Mo 8% を添加したものは焼戻温度 500° 及び 600°C の硬度最高で焼入温度 1,250° 及び 1,300°C の場合には焼戻硬度は標準型と略同等で 1,340°C より焼入したものの焼戻硬度は之より低下する。

6) 0-8-1 系及び 0-8-4 系 0-8-1 系の焼戻後の硬度は何れも標準型より低い。

本系に Mo 4~8% を添加したものに於て 0-8-4 系に Mo

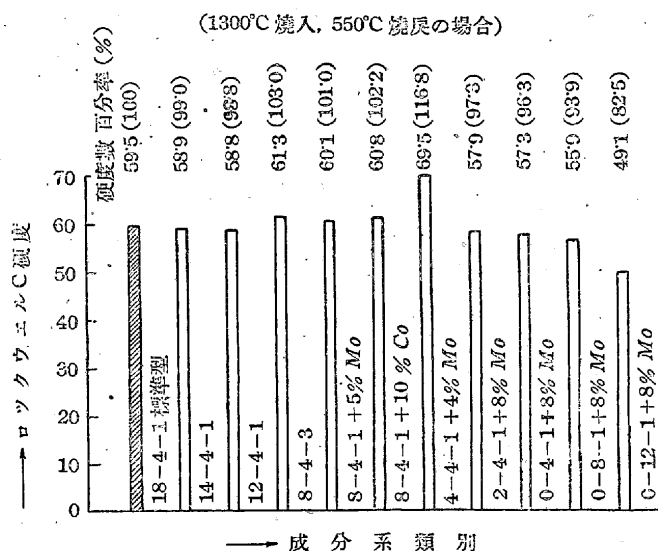
8% を添加したものの 1,250°C に焼入後の焼戻硬度は標準型に略近いが 1,300° 及び 1,340°C に焼入後の焼戻硬度は之より低下する。

7) 0-12-1 系及び 0-12-4 系 0-12-1 系の焼戻後の硬度は標準型よりも低下して居る。

本系に Mo 4~8% を添加したものの 1,250°C に焼入後の焼戻硬度は標準型より稍低下し 1,300° 及び 1,340°C に焼入後の焼戻硬度は之より低下する。

0-12-4 系に Mo を 8% 添加したものの各温度に焼戻した硬度は何れも標準型より著しく低下する

結果の概要 上記の各成分系中 1,300°C 焼入, 550°C 焼戻を施した場合の硬度大なるものの成分-硬度曲線は第 14 圖に示す通りで W を極減した 4-4-1 系に Mo 4% 添加のものは最高の硬度を示す。



第 14 圖 高速度鋼代用材の各成分系中硬度大なるものの成分-硬度曲線(括弧内の數値は標準型の硬度を 100% としての比率を示す)

今各成分系の類別に従ひ上記の通り焼入した高速度鋼代用材の焼戻温度と硬度との試験結果を要約するに一般に各成分系を通じて焼戻温度 500° 及び 600°C の硬度は概ね最高値を示す。又 W を低減したる 14-4-1 系及び 12-4-1 系は標準型と略同程度の焼戻硬度を示し W を極減したる 8-4-1 系並に之に Mo 又は Co を少量置換添加したものは標準型と概ね同程度又は之より硬度高く 4-4-1 系も之と同傾向を示す。殊に 4-4-1 系に Mo 4% 添加のものは各成分系中最高の硬度を示す。

2-4-1 系, 0-4-1 系は標準型の焼戻硬度より一般に稍小なるも 0-8-1 系及び 0-12-1 系は標準型より焼戻硬度著

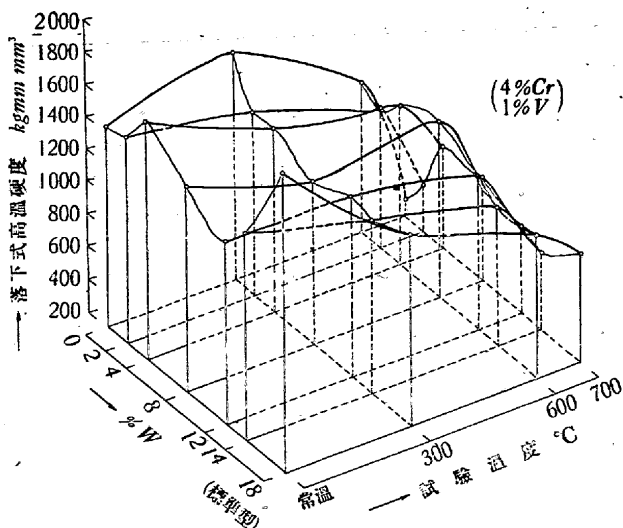
しく低く殊にV 4%添加したるものに於て然りである。

W は或程度極限するも少量の Mo 又は Co の置換により焼戻硬度は著しく低下しないのみならず却つて硬度を上昇し得るが W を全然含有せしめず其の代りに Cr 又は V を以て置換したものは依然として硬度を低下するのみであることを明示し得た。

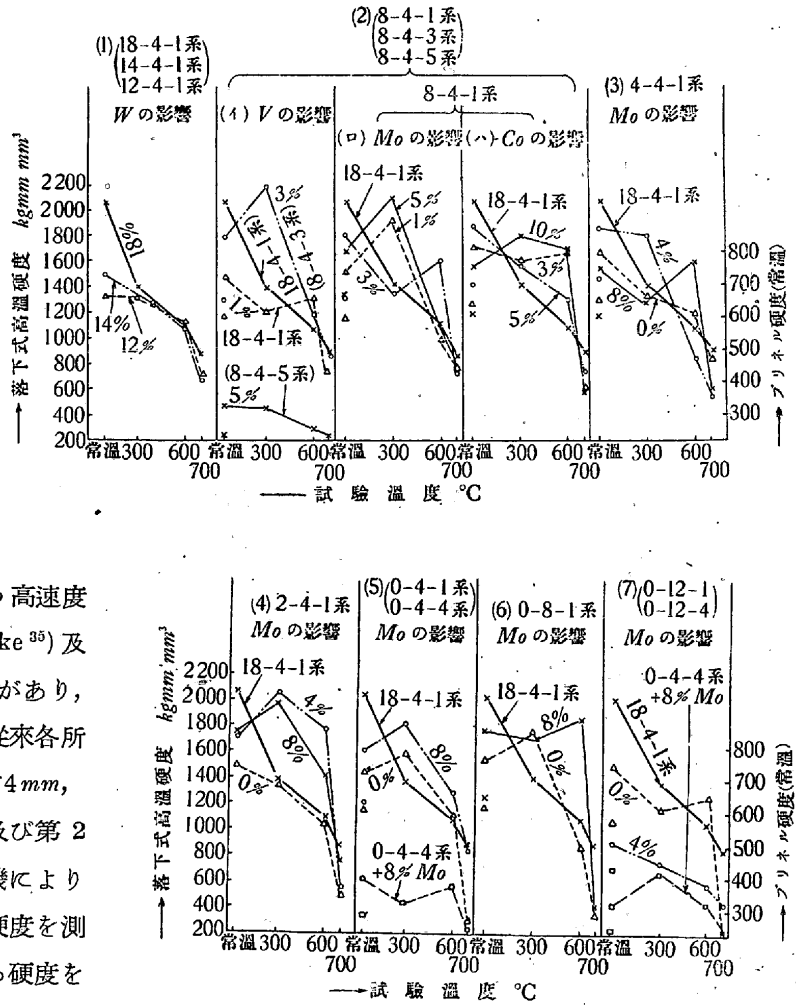
又一般に W を極減したるもの又は全然含まないものは焼入温度 1,250°C の焼戻硬度は焼入温度の高い 1,300° 及び 1,340°C の焼戻硬度よりも大であることを知り得た。

h) 焼入焼戻鋼が高温硬度に及ぼす影響 含 Co 高速度鋼の高温硬度試験に關しては従來 Taylor³⁴⁾, Ehmecke³⁵⁾ 及び Rapatz u. Kallen³⁶⁾ 其他^{32), 33)} の諸氏の研究があり、著者も之に關しては既に述べた所¹⁾ であるが更に従來各所で殆ど研究せられて居ない高速度鋼代用材の徑 25.4 mm, 高 12.7 mm なる高温硬度試験片につき第1報¹⁾ 及び第2報²⁾ 記載の特殊の試作に係る落下式高温硬度試験機により 300°, 600° 及び 700°C の各試験温度に於ける高温硬度を測定した。尙比較の爲本試験装置により常温に於ける硬度をも測定した。その W 量と試験温度及び高温硬度との關係は第 15 圖に示す通りであつて一般に W 量の低減により高温硬度を稍低下する位にして特に著しい高温硬度の差は認められない。

その成分系別による試験温度と高温硬度との關係は第 16 圖に示す通りにして今之を成分系別に詳記すれば次の通りである。



第 15 圖 高速度鋼代用材の W 量-試験温度-高温硬度曲線



第 16 圖 焼入焼戻した高速度鋼代用材の試験温度-落下式高温硬度曲線

1) 18-4-1 系, 14-4-1 系及び 12-4-1 系 常温に於ける 14-4-1 系及び 12-4-1 系の落下式高温硬度は標準型より低いが試験温度 300° 及び 600°C に於ける高温硬度は殆ど同様にして 700°C では稍低下する。

2) 8-4-1 系及び 8-4-3 系

イ) V の影響 8-4-1 系竝に此の V を 3% に増加した所謂 8-4-3 系の 600°C に於ける高温硬度は 18-4-1 標準型より稍高いが試験温度 700°C では同等乃至之より稍低下する。

ロ) Mo の影響 8-4-1 系竝に之に Mo 夫々 1, 3 及び 5% 添加したものの 700°C に於ける高温硬度は標準型より稍低下する程度である。

ハ) Co の影響 8-4-1 系竝に之に Co 量夫々 3, 5 及び 10% 添加のものは試験温度 600°C では 18-4-1 型より高硬度を示し 700°C に到れば之より稍低下する。

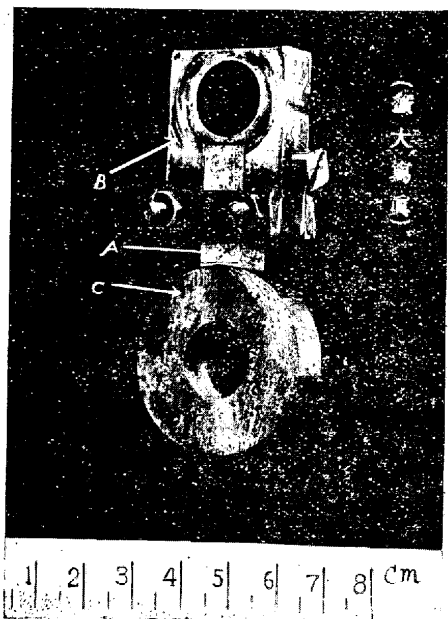
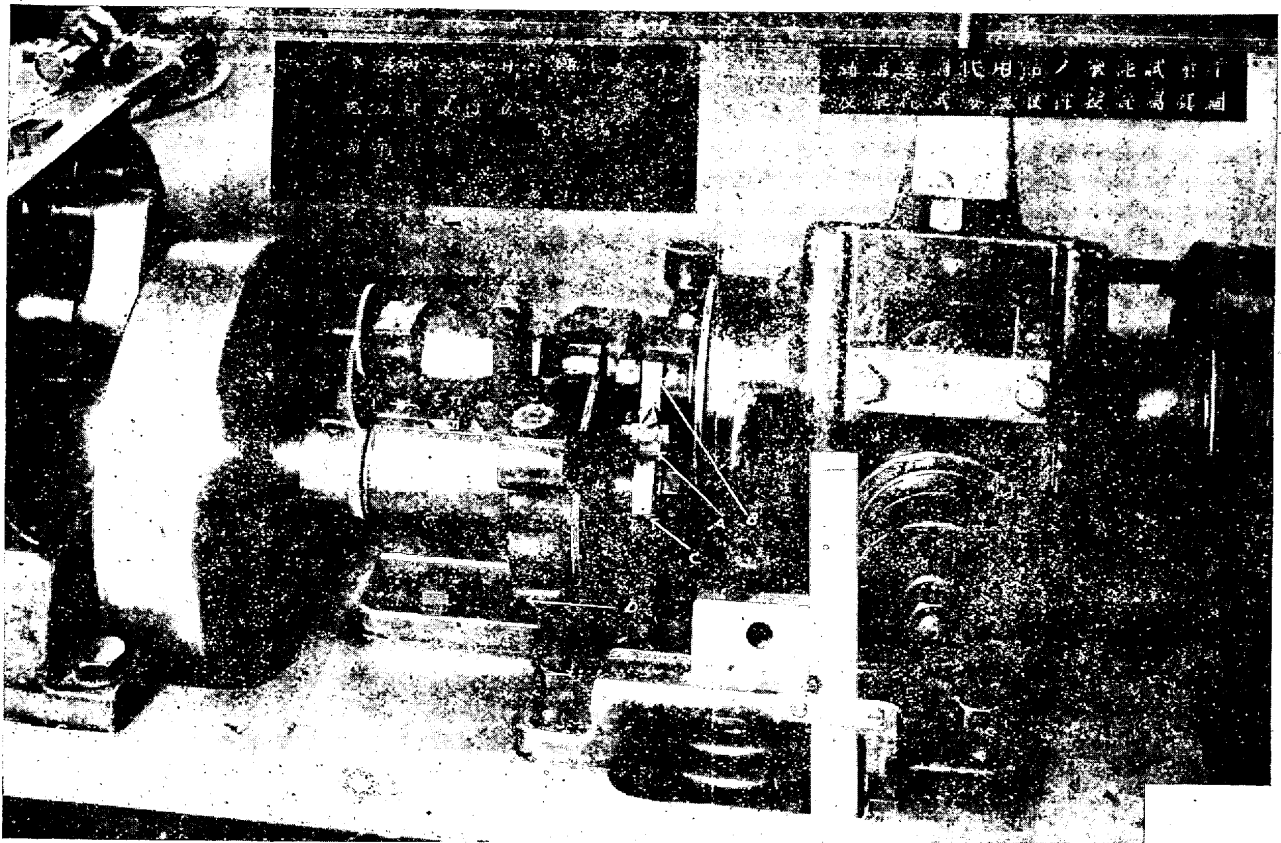
3) 4-4-1 系 試験温度 700°C に於ける高温硬度は稍低下する程度である。

- 4) 2-4-1系 4-4-1系の場合に類似した傾向を示す。
- 5) 0-4-1系及び0-4-4系 0-4-1系にMoを8%添加のものは試験温度600°Cに於て18-4-1系より高温硬度高く、700°Cで略同等である。0-4-1系は700°Cで18-4-1系より低下する。0-4-4系にMo8%を添加のものは各試験温度に於ける高温硬度は著しく低下する。
- 6) 0-8-1系 0-8-1系の600°及び700°Cに於ける高温硬度は18-4-1系より低下する。0-8-1系にMo8%

を添加するときは600°Cにては18-4-1系より硬度高きも700°Cにては之より低下する。

- 7) 0-12-1系及び0-12-4系 0-12-1系並に之にMo4%を添加したもの及び0-12-4系にMoを8%添加したものの高温硬度は一般に18-4-1系より低い。

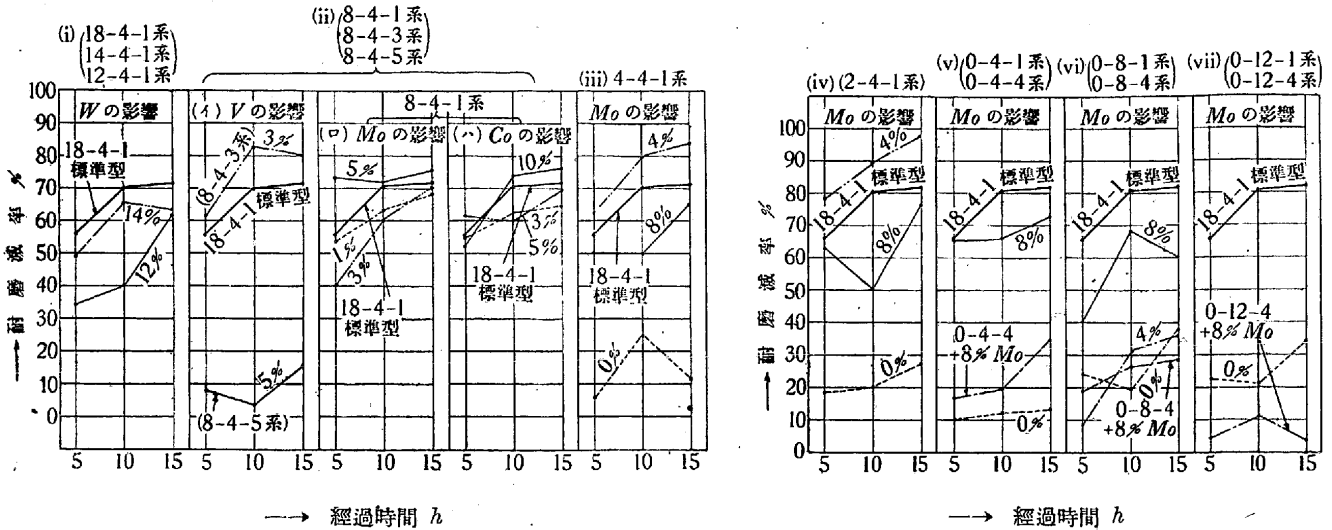
結果の概要 上記の試験結果を通覧するに試製の落下式高温硬度試験結果は之を前記の焼戻温度対硬度試験結果と比較し多少の例外はあるも第1報¹⁾に記載した通り可成り類似の傾向ある事を本研究により知り得た次第である。



第17圖 高速度鋼代用品の磨滅試験片及び磨滅試験機取付装置写真圖

- A: 高速度鋼代用材料(試験片)
 B: 試験片取付金具
 C: 被削材料
 D: アムスラー磨滅試験材

i) **耐磨滅試験** 硬質合金工具の耐磨滅性に関してはWalther Dawihl氏³⁷⁾等の研究があるが高速度鋼代用材の耐磨滅性に関して研究せられたものは従来殆どないと云つてよい状態である。著者は10×10×30mm寸法の供試工具材を第1報¹⁾に示したやうな著者が特殊に試作した取付金具に締付け之と60kg/cm²の壓力を以て絶えず接觸回轉せしめ、被削材たる抗張力97kg/mm²の丸型高張力鋼(寸法外径40mm, 内径16mm, 肉厚10mm)によつてアムスラー式磨滅試験機を使用し第1報¹⁾に記載の通り供試高速



第 18 圖 高速度鋼代用材の耐摩減率-經過時間曲線
 耐摩減率(%) = $\frac{b-a}{b} \times 100$ とせり
 a...工具材の磨滅減量 (g) b...被削材の磨滅減量 (g)

度鋼代用材の耐摩減試験を施行した。其の試験片並に磨減試験機取付状況は第 17 圖の寫眞に示す通りである。

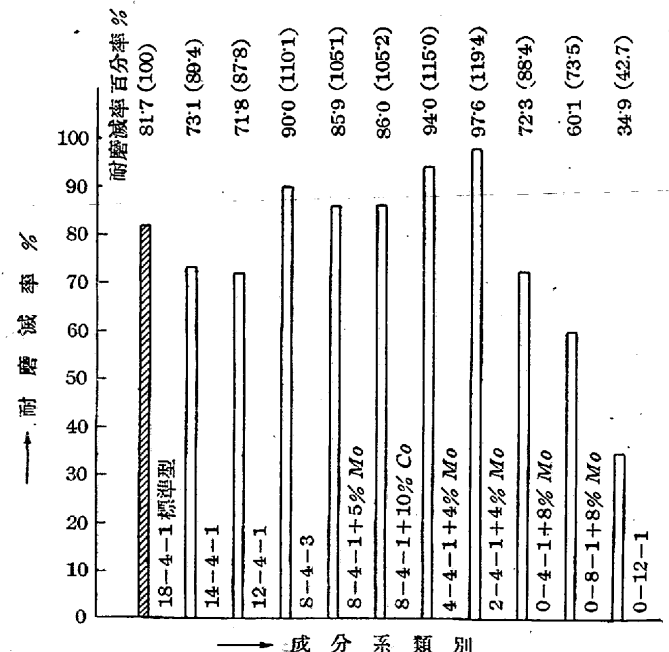
斯くして 5h, 10h 及び 15h 經過後の各工具材の所謂耐摩減率の比較試験を行つたのであるが第 18 圖は之より求めた耐摩減率-經過時間曲線にして之につき述べれば次の通りである。

- 1) 18-4-1 系, 14-4-1 系及び 12-4-1 系 W 量夫々 18, 14 及び 12% の 3 種のものに於ては W 量の多いもの程耐摩減率が大なる傾向がある。
- 2) 8-4-1 系, 8-4-3 系及び 8-4-5 系
 - (イ) V の影響 8-4-3 系は標準型よりも耐摩減率稍大となるが更に V を増加して 5% とした 8-4-5 系では却つて著しく低下する。
 - (ロ) Mo の影響 本系に Mo 5% 添加のものは標準型よりも耐摩減率稍大にして Mo 夫々 1 及び 3% 添加のものは之より稍低下する。
 - (ハ) Co の影響 本系に Co 10% 添加のものは標準型より耐摩減率大にして 3 又は 5% 添加のものは之より稍低下する。
- 3) 4-4-1 系 本系の耐摩減率は標準型より著しく小であるが本系に Mo 4% 添加のものは之より高く 8% 添加のものは 4% 添加のものよりも却つて低下の傾向がある。
- 4) 2-4-1 系 2-4-1 系の耐摩減率は標準型に比すれば著しく小なるも本系に Mo 4% 添加せば之より大となる。然し Mo 8% 添加のものは之より却つて稍低下する。
- 5) 0-4-1 系及び 0-4-4 系 本系の耐摩減率は著しく小なるも之に Mo 8% 添加材は標準型より稍小なる程度

で 0-4-4 系に Mo 8% 添加のものは却つて之より著しく低下する。

- 6) 0-8-1 系及び 0-8-4 系 本系の耐摩減率は何れも標準型より極めて低く之に Mo 8% 添加せば稍大となるが標準型よりは低い。
- 7) 0-12-1 系及び 0-12-4 系 本系は何れも標準型より耐摩減率が著しく低い傾向を示す。

結果の概要 上記の各成分系中耐摩減率大なるものの成分耐摩減率曲線を書けば第 19 圖に示す通りで W を極減した 2-4-1 系に Mo 4% 添加のものは其の耐摩減率標準型より高く最大で、0-12-1 系は最小である。



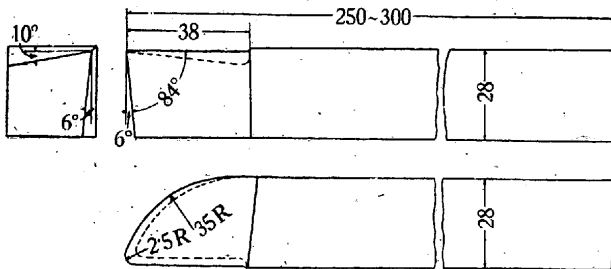
第 19 圖 高速度鋼代用材の各成分系中耐摩減率大なるものの成分耐摩減率曲線 (15 時間後の場合)
 (括弧内の數値は標準型の耐摩減率を 100% としたの比率を示す)

今各成分系の類別に基き上記の耐磨減試験結果を綜合するに W を低減したものにあつては標準型より其の耐磨減率稍小で W を極減したる 8-4-3 系並に之に Mo 又は Co を夫々少量添加したものの中には標準型の耐磨減率に比し稍低きもの多く又之より稍大なるものもある。4-4-1 系及び 2-4-1 系は標準型より耐磨減率著しく小であるが Mo 4% 添加のものは之より大である。次に W を全然含まないもの、之に更に Cr を増加したるものは、たとへ Mo を添加するも其の耐磨減率は最小である。

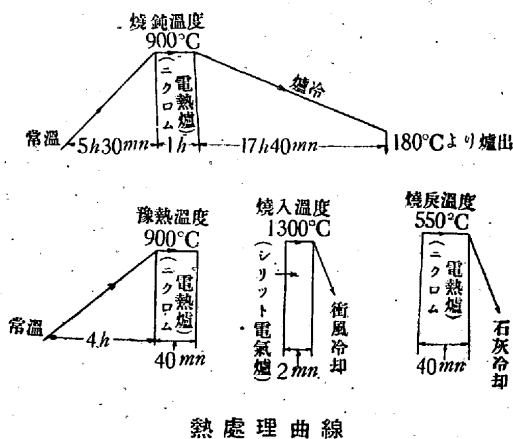
上記の結果より W は或程度低減又は極減するも之に少量の Mo 又は Co を置換添加すれば必ずしも耐磨減率の低下を來さざることを實驗的に示した。

j) 切削實用試験

1) 供試工具 從來高速度鋼の双具の形狀に就ては大越³⁸⁾, Schlesinger³⁹⁾ 及び菊田, 小柴氏^{40), 41)} 其の他の研究發表があるが, 本試験に供した切削用工具試験片は何れも第 20 圖に示す形狀寸法を有するものにして其の断面寸法 $28 \times 28mm$, 長さ $250 \sim 300mm$ である。而して其の熱處理は何れも次に示す熱處理曲線の如く $900^\circ C$ 爐中燒鈍を施し $900^\circ C$ 豫備加熱直後 $1,300^\circ C$ の燒入溫度より衝風冷却後燒戻溫度 $550^\circ C$ より石灰冷却を施した。



第 20 圖 高速度鋼代用材の切削用試験片の形狀寸法圖(單位 mm)



熱處理曲線

2) 被削材料及び切削條件 供試の被削材料は次に示す高張力特殊 $Ni-Cr-Mo$ 鋼にして其の切削條件等は次の

通り全部同一要領で行つた。

被削材—材質 高張力特殊 $Ni-Cr-Mo$ 鋼

寸法 切削試験前の徑 $500mm$

機械的性質：—

降伏點 $83.5kg/mm^2$, 抗張力 $96.7kg/mm^2$, 伸 21.3% , 絞 55.9% , ブリネル硬度 288, アイゾット衝擊値 第一ノツチ $41.9 ft. lbs$ 第二ノツチ $42.6 ft. lbs$

切削條件：—

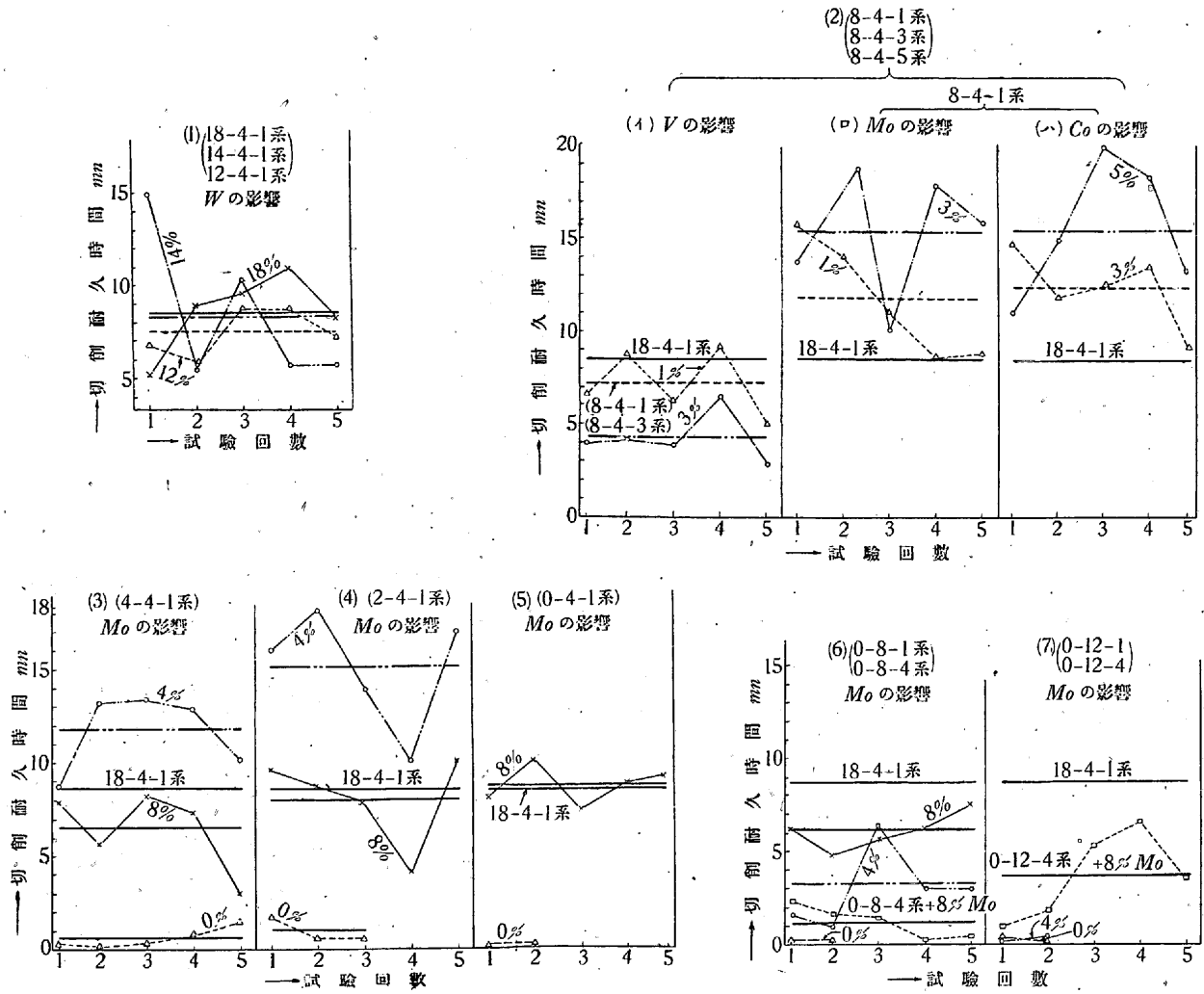
速度 $12m/mn$, 切込 $3mm$, 送り $1mm$

使用旋盤：—

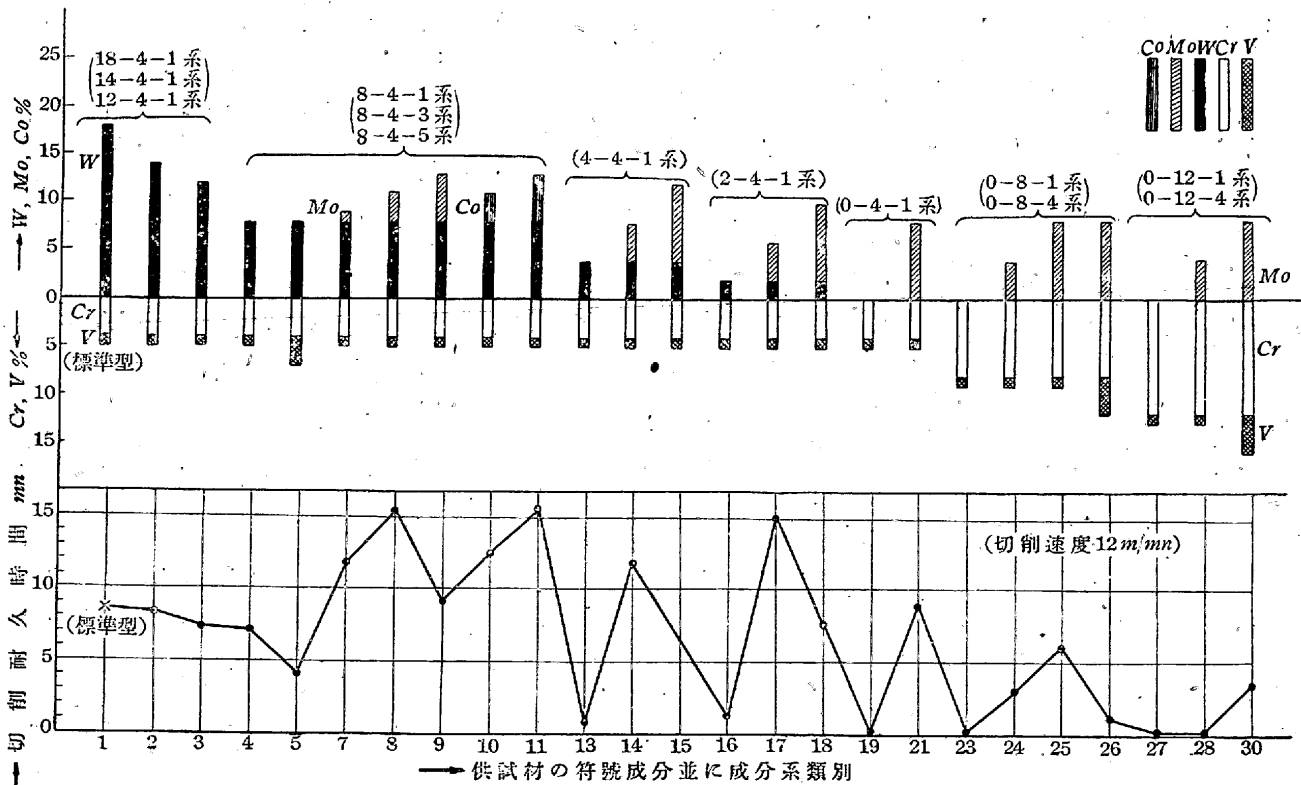
Armstrong-Whitworth 會社製, 60 P 電動機直結型, 心高 $18in$, 床長 $23ft$

3) 試験要領 高速度工具の切削試験法並に速度等に關する從來の主なる研究としては既に第 2 報²⁾ に於ても述べた如くで Nicolson⁴²⁾ の研究があり, 石田, 吉田兩氏⁴³⁾ はバイト双先の磨減量を秤量し土井⁴⁴⁾氏は切削の途中にバイトを取外して其の磨減を測定して居る。Paasche⁴⁵⁾, Agte⁴⁶⁾ は切削稜の高さの減少を測り磨減を求めて居る。Ripper⁴⁷⁾ は双先を顯微鏡で擴大して磨減を測定した。又山本⁴⁸⁾, Stanton⁴⁹⁾, Boston⁵⁰⁾, Herbert⁵¹⁾ 及び關口⁵²⁾の諸氏の研究報告もあるが, 尙之以外に被削材の切削性に關しては Schallbroch⁵³⁾, Deak⁵⁴⁾, Kenneford⁵⁵⁾, French & Digges⁵⁶⁾, Wallichs⁵⁷⁾ Kronenberg⁵⁸⁾, Leyenselter⁵⁹⁾ その他の諸氏によつて研究發表せられたものがあり, 又切削試験に關しては Klopstock⁶⁰⁾, Sachsenberg⁶¹⁾, Schulze⁶²⁾, Mauksch⁶³⁾, Salmon⁶⁴⁾, Leyenselter⁶⁵⁾, Kiekebusch⁶⁶⁾ 及び大越⁶⁷⁾の諸氏の研究がある。著者は切削試験要領として第 2 報²⁾ 記載のものと同様に供試高速度鋼代用材の双先が磨減し切削に耐へ得なくなる迄切削し更に研磨し直して各 5 回宛切削を行ひ其の平均耐久時間を供試工具の切削耐久時間とし之を以て各々の切削耐久力即ち切削壽命の比較を爲し併せて切削速度 V と切削耐久時間 T に關する一般式 $VT^n = C$ ($Const.$) より V_{60} の値を $V-T$ 曲線より求め之で供試工具の切削能率の比較を行つたのである。

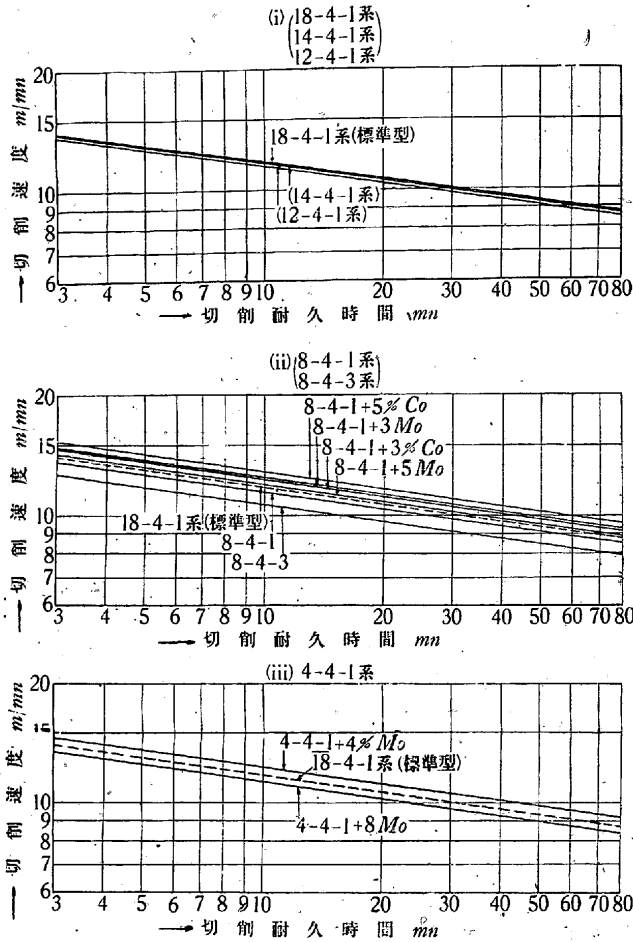
4) 試験成績 第 21 圖は供試工具の切削耐久時間と試験回數の關係曲線を, 第 22 圖は成分と切削耐久時間との關係曲線を示し, 第 23 圖は著者の從來の試験結果に徴し $VT^n = C$ なる一般式に於ける $n=1/7$ としたときの切削速度-耐久時間曲線である。本曲線より求めた各々の V_{60} 値並に切削耐久時間の詳細は第 3 表に示す通りである。



第21圖 高速度鋼代用材の切削耐久時間-試験回数曲線(水平直線は耐久時間の平均を示す)



第22圖 高速度鋼代用材の成分-切削耐久時間曲線

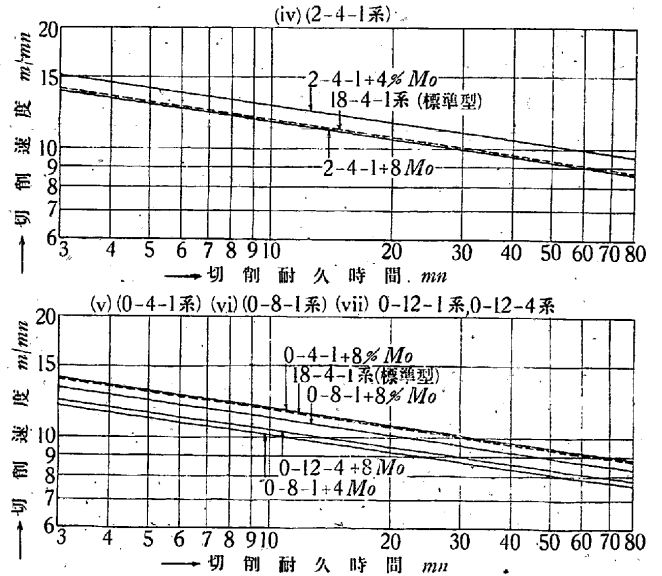


本試験結果を詳述すれば次の通りである。

1) 18-4-1系, 14-4-1系及び12-4-1系 14-4-1系の平均切削耐久力並に切削能力は18-4-1系に殆ど匹敵する成績を示す。

12-4-1系の切削耐久力は標準型の約87%で切削能力は約97%である。

2) 8-4-1系及び8-4-3系



第23圖 高速度鋼代用材の切削速度-切削耐久時間曲線

第3表 高速度鋼代用品研究材の切削試験成績表

種別	熔解 番號	主成分(%)					1回		2回		3回		4回		5回		平均 時間 mn-s	比率 %	V ₆₀ m/mn	標準型 V ₆₀ 100 比を100と する比 %	成績 順位	
		C	W	Cr	V	Mo	Co	時間 mn-s	双先 磨減 mm	時間 mn-s	双先 磨減 mm	時間 mn-s	双先 磨減 mm	時間 mn-s	双先 磨減 mm	時間 mn-s						双先 磨減 mm
18-4-1系	K 568	8	18	4	1	—	5-12	4	8-56	5	9-35	8	10-47	6	8-27	8	8-35	100.0	9.1	100.0	9	
14-4-1系	K 580	"	14	"	"	—	14-54	5	5-22	7	10-19	4	5-43	5	5-40	9	8-23	97.6	9.0	98.9	10	
12-4-1系	K 581	"	12	"	"	—	6-57	5	5-52	1.0	8-40	6	8-49	5	7-07	9	7-29	87.1	8.8	96.7	12	
8-4-1系	K 694	8	8	4	1	—	6-36	4	8-50	4	6-24	8	9-20	4	5-00	4	7-14	84.2	8.75	96.1	13	
	K 695	"	"	"	3	—	4-04	8	4-08	4	3-49	1.0	6-30	8	2-55	4	4-17	49.9	8.2	90.1	—	
	K 698	"	"	"	1	1	—	15-52	4	14-07	6	11-04	5	8-40	6	8-42	4	11-41	136.1	9.5	104.3	5
	8-4-3系	K 699	"	"	"	3	—	13-52	4	18-53	9	10-16	7	18-00	5	16-00	9	15-24	179.0	9.9	108.7	2
	8-4-5系	K 700	"	"	"	5	—	10-25	5	13-03	5	7-45	5	8-13	4	5-46	4	9-14	107.5	9.4	103.2	7
	K 701	"	"	"	"	3	—	14-50	4	12-01	7	12-29	4	13-40	5	9-10	7	12-26	144.8	9.65	106.0	4
K 702	"	"	"	"	5	—	11-10	4	15-00	4	20-03	5	18-32	6	12-46	6	15-30	180.5	9.9	108.7	1	
4-4-1系	K 704	8	4	4	1	—	0-19	4	0-10	4	0-20	4	0-45	4	1-27	4	0-36	6.9	—	—	—	
	K 705	"	"	"	4	—	8-40	7	13-10	1.0	13-24	1.2	12-53	4	10-20	1.0	11-41	136.1	9.5	104.3	5	
	K 706	"	"	"	8	—	8-00	4	5-50	5	8-20	1.0	7-32	7	3-07	5	6-34	76.5	8.7	95.6	14	
2-4-1系	K 707	8	2	4	1	—	1-55	5	0-44	9	0-46	7	中止	—	—	—	1-08	13.2	—	—	—	
	K 708	"	"	"	4	—	15-54	4	18-13	6	13-55	7	10-01	8	17-10	8	15-02	175.1	9.8	107.6	3	
	K 709	"	"	"	8	—	9-33	4	8-43	6	8-06	7	4-05	7	10-15	5	8-08	94.7	8.8	96.7	11	
0-4-1系	K 710	8	0	4	1	—	0-10	4	0-10	6	中止	—	—	—	—	—	0-10	1.9	—	—	—	
	K 718	"	"	"	8	—	8-04	5	10-15	1.0	7-28	5	8-55	7	9-25	9	8-49	102.7	9.2	101.0	8	
0-8-1系	K 720	8	0	8	1	—	0-12	1.0	0-10	6	中止	—	—	—	—	—	0-11	2.1	—	—	—	
	K 721	"	"	"	4	—	1-34	7	1-02	7	6-25	8	3-04	1.0	2-57	5	3-00	34.9	7.8	85.7	—	
	K 722	"	"	"	8	—	6-12	5	4-58	5	5-45	8	6-13	1.0	7-34	7	6-08	71.4	8.6	94.5	15	
	K 723	"	"	"	4	—	2-20	6	1-47	5	1-11	1.0	0-10	5	0-20	1.0	1-09	13.3	—	—	—	
0-12-1系	K 725	8	0	12	1	—	0-10	3	0-06	5	中止	—	—	—	—	—	0-08	1.5	—	—	—	
	K 726	"	"	"	4	—	0-04	3	0-10	9	—	—	—	—	—	—	0-07	1.3	—	—	—	
	K 728	"	"	"	8	—	0-52	5	1-55	7	5-27	5	6-35	5	3-20	8	3-39	42.5	7.9	86.8	—	

(イ) Vの影響 8-4-1系の平均切削耐久力は標準型の約84%, 切削能力は96.1%であつて8-4-3系は8-4-1系より却つて劣る。

(ロ) Moの影響 8-4-1系にMo夫々1, 3及び5%添加したものは標準型よりも何れも大なる切削耐久時間並に切削能力を有し成績良好である。

(ハ) Coの影響 8-4-1系にCo夫々3及び5%添加したものは上記のMo添加の場合と同様標準型より成績良好で特にCo5%添加のものに於て然りである。

3) 4-4-1系 4-4-1系は標準型より切味著しく劣るも之にMa4%添加したものは標準型に匹敵し之にMoを8%添加したものは標準型より却つて劣る成績を示す。

4) 2-4-1系 2-4-1系は双先の磨滅甚しく切削に堪へ得ざる程度であるが之にMoを4%附加すると標準型より切削壽命及び切削能力は良好である。2-4-1系にMo8%附加したものの切味は標準型より稍劣る。

5) 0-4-1系 0-4-1系は2-4-1系と同様に切削に堪へ得ざる程度であるが之にMoを8%加へたものは切味可成り良く標準型に匹敵する成績を示す。

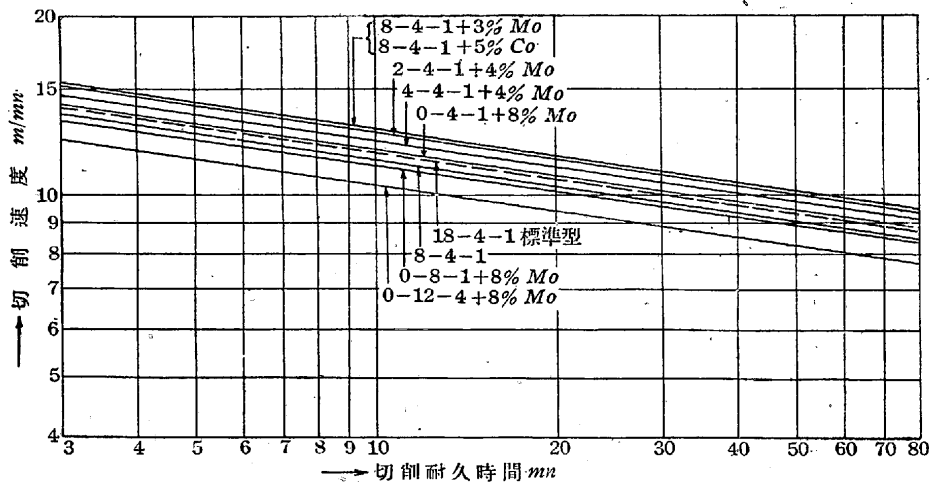
6) 0-8-1系及び0-8-4系 0-8-1系も上記0-4-1系と同様に殆ど切削に堪へ得ない、本系にMo夫々4及び8%添加したものに於て0-8-4系にMo8%添加のものは何れも標準型より劣つて居る。

7) 0-12-1系 0-12-1系又は之にMo4%を添加したものは双先の磨滅量甚しく使用に堪へ得ざる程度である。

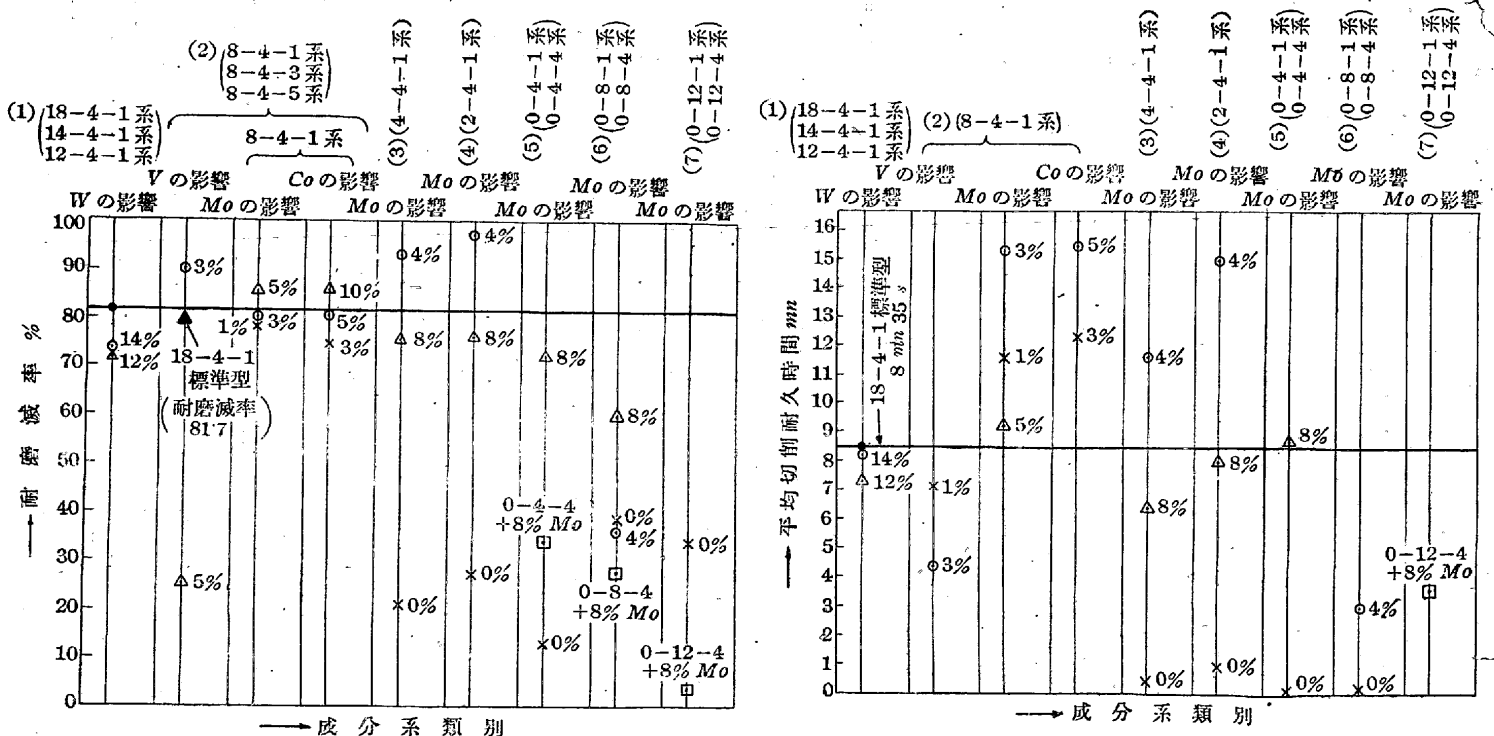
0-12-1系にMo8%添加したものは標準型より切味が劣つてゐる。

結果の概要 上記の各成分系中優良な成績を示したものの切削速度-切削耐久時間曲線は第24圖の通りである。

今各成分系の類別に従ひ上記の切削實用試験結果に就て概述するに14-4-1系は標準型に殆ど匹敵する切削能力を示し12-4-1系は之より

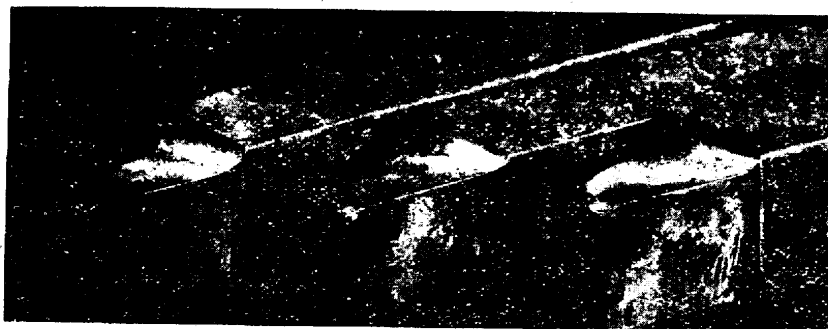


第24圖 高速度鋼代用材の各成分系中優良のものの切削速度-切削耐久時間曲線



第25圖 高速度鋼代用材の成分系と耐磨減率(15h後)及び切削耐久時間との關係

被削材 外径約 500mm の中削した高張力 Ni-Cr-Mo 鋼管 (抗張力 96.7kg/mm², 伸 21.3%)
 使用機械 旋盤 (心高 18in, 床長 23ft)
 切削条件 速度 12m/mn, 切込 3mm, 送 1mm



溶解番號 K 568	K 580	K 581
成分系 (18-4-1 系標準型)	(14-4-1 系)	(12-4-1 系)

第 26 圖 (其 1) 高速度鋼代用材の切削後の刃先状態 No. 1 (第 5 回切削後)

被削材 外径約 500mm の中削した高張力 Ni-Cr-Mo 鋼管 (抗張力 96.7kg/mm², 伸 21.3%)
 使用機械 旋盤 (心高 18in, 床長 23ft)
 切削条件 速度 12m/mn, 切込 3mm, 送 1mm



溶解番號 K 694	K 695	K 696	K 698	K 699	K 700
成分系 8-4-1 系	8-4-3 系	8-4-5 系	8-4-1 系 +Mo 1%	8-4-1 系 +Mo 3%	8-4-1 系 +Mo 5%



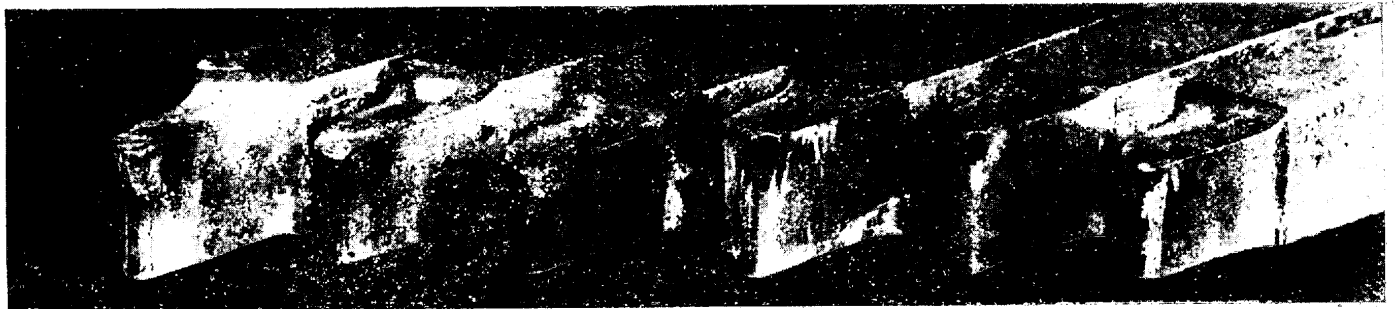
溶解番號 K 701	K 702	K 703	K 704	K 705	K 706
成分系 8-4-1 系 +Co 3%	8-4-1 系 +Co 5%	8-4-1 系 +Co 10%	4-4-1 系	4-4-1 系 +Mo 4%	4-4-1 系 +Mo 8%

第 26 圖 (其 2) 高速度鋼代用材の切削後の刃先状態 No. 2 (第 5 回切削後)

被削材 外徑約 500mm の中削した高張力 Ni-Cr-Mo 鋼管 (抗張力 96.7 kg/mm², 伸 21.3%)
 使用機械 旋盤 (心高 18in, 床長 23ft)
 切削條件 速度 12m/mn, 切込 3mm, 送 1mm



溶解番號	K 708	K 709	K 710	K 718	K 719	K 720
成分系	2-4-1 系 +Mo 4%	2-4-1 系 +Mo 8%	0-4-1 系	0-4-1 系 +Mo 8%	0-4-4 系 +Mo 8%	0-8-1 系



溶解番號	K 721	K 722	K 723	K 725	K 726	K 728
成分系	0-8-1 系 +Mo 4%	0-8-1 系 +Mo 8%	0-8-4 系 +Mo 8%	0-12-1 系	0-12-1 系 +Mo 4%	0-12-4 系 +Mo 4%

第 26 圖 (其 3) 高速度鋼代用材の切削後の刃先状態 No. 3 (第 5 回切削後)

稍劣る。

8-4-1 系は標準型より稍劣る。低 W 高速度鋼に Mo, Co を少量添加した場合の切削試験に關して Becker⁶⁸⁾ も研究發表をして居るが、著者は 8-4-1 系に Mo 及び Co を夫々少量添加したものに就て試験した結果は標準型より良好である。4-4-1 系、2-4-1 系は之より劣り之に Mo 添加のものは良好のものが可成りある。

W を全然含まない 0-4-1 系及び之に Cr を更に添加したる 0-8-1 系、0-12-1 系は Mo 及び V を添加しても一般に刃先の磨滅甚しく標準型より切味が劣つて居る。

之を畢竟するに W 量として現在各所で最も廣く使用せられて居る所謂標準型の 18% は必ずしも必要としないのであつて之を 14% 迄低下するも實用上は差支なきこと、W を更に減少し夫々 8, 4 及び 2% とするも Mo 又は Co の適量を以て置換すれば十分實用し得るのみならず中には

却つて切味が著しく向上するものが可成り存在すること等 W の許容低減量の範圍竝に置換元素の影響等を實際の本切削試験によつて明確ならしめ得たのである。又本切削試験結果と耐磨減率 (15h 後) の關係を各成分系に従ひ圖示對照すれば第 25 圖の通りにして多少の例外はあれども大體に於て耐磨減率と切削耐久時間とは略比例的關係にあることを本研究で明かにし得た次第である。

5) 切削試験後の刃先状態 第 5 回切削試験後に於ける供試工具材の刃先状態は第 26 圖に示す通り供試材中切削力甚だ不良なものにあつては試験の際工具材を被削材に切込ました瞬間又は幾何ならずして刃先がへたつて切削不能となる。又可成り切削力を有するものにあつては切削後の刃先状態に於て特異の點を認めない。切削時に於て切粉の通路が甚しく磨滅されつゝ刃先は依然として強靱にして切削力良好なる例外のものもあるが大體に於て 600°C 附

近の高温硬度の高いものが双先の磨滅程度も少い傾向がある。

k) 顯微鏡試験 硬度試験後の試験片(寸法 20×20×15mm)を使用し 900°C 爐中焼鈍のもの, 1,250°C 油焼入の儘及び之を 550°C 石灰中焼戻のもの, 1,300°C 油焼入の儘, 之を夫々 400°, 500°, 550° 及び 600°C に石灰中焼戻したもの並に 1,340°C 油焼入の儘及び之を 550°C 石灰中焼戻のものに就て夫々顯微鏡試験を施行した。

其の顯微鏡寫眞は夫々第 27 圖(其 I~X)に示す通りである。

高速度鋼の顯微鏡組織に關して研究調査したもの⁶⁹⁾は可成りあるが之が代用材料に關する著者の研究結果によると一般に 1,340°C より焼入し各種温度で焼戻したものの各成分系の残留オーステナイトの結晶粒界の大きさは 1,250° 及び 1,300°C より夫々焼入し各種温度で焼戻したものに比較すれば可成り大となつて居る。殊に W の低減率の大なるものに於て然りである。

今比較の爲之等の中特に工具としての使用状態に於ける熱處理温度たる 1,300°C より油焼入し, 600°C より石灰中に焼戻したものの顯微鏡試験結果によれば 18-4-1 標準型並に W を低減した 14-4-1 系及び 12-4-1 系では焼入の際の残留オーステナイトは W の複炭化物を或程度析出する。高速度鋼の複炭化物の組成に關しては從來 Gill⁷⁰⁾, Williams⁷¹⁾, Carnot & Gautel⁷²⁾, Westgren & Phragmen⁷³⁾, Gregg⁷⁴⁾ 及び Cohen & Koh⁷⁵⁾ 等の研究があり, Fe_4W_2C , $(Fe_3C)_2(W_2C)_2$, $Fe_3C \cdot WC$ 等種々の化學式を與へて居つて現在の處一定して居ないやうである。W を極減した 8-4-1 系並に 8-4-3 系の組織は標準型と可成り類似して居るが V を 5% に増加した所謂 8-4-5 系は炭化物が稍粗大となる。

4-4-1 系及び 2-4-1 系に Mo を少量添加したものは Mo の複炭化物を析出して居る。W を全然含有しない 0-4-1 系, 0-4-4 系は結晶粒大なる残留オーステナイトが依然として殘存するものが多い。0-8-1 系及び 0-12-1 系の如く Cr 含有量の特に多いものは縦令之に夫々 Mo を添加するも結晶粒子の大なるものが多い。

結果の概要 上述の顯微鏡試験結果と前記の切削試験結果を對照して考察するに切削壽命の比較的短いものは組織的にもマルテンサイトの現出したものは少く其の炭化物の粒子も概して粗大化して居るが切削壽命長きものは之と反對のものも多く現はれて居つて之等組織は概ね切削試験

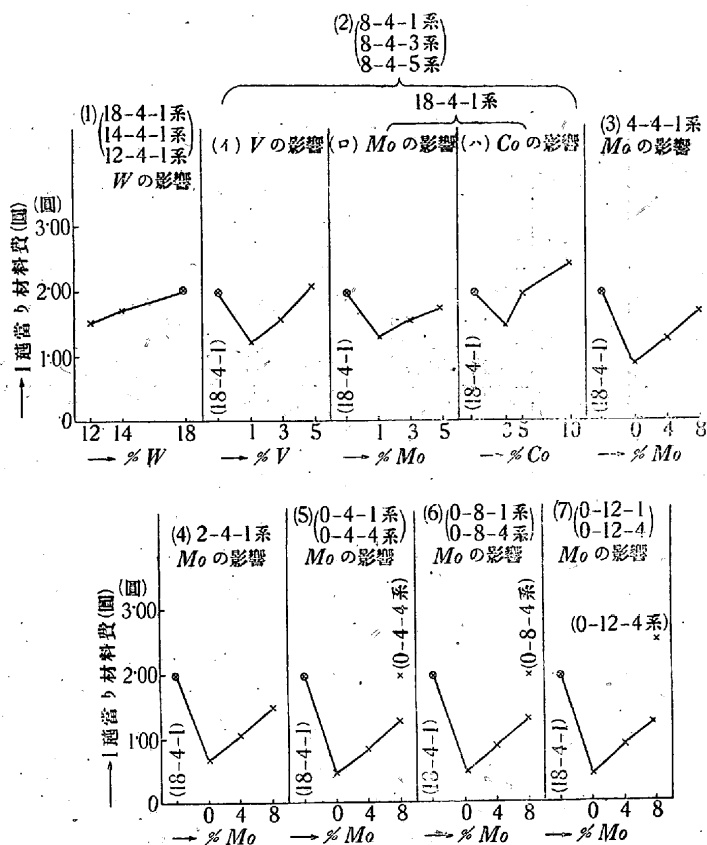
結果を裏書して居るものが多い。

3) 價格の比較

上述の各種の試験の結果所謂高速度鋼代用材中には現用標準型高速度鋼に比較して同等又は之より優秀なものも可成り存在することを知り得たのであるが之等の價格を調査する要ありと考へたので供試の鋼種を製造するに要する 1kg 當りの材料費を算出したのである。

本材料費は時價により相違するので現在の價格は多少之と相違するものがあるとは考へられるが今之が材料費の比較を示せば第 4 表並に第 28 圖に示す通りである。

⊗印は 18-4-1 標準型の價格を示す



第 28 圖 高速度鋼代用材の成分-材料費曲線

即ち 18-4-1 標準型の 1kg 當りの材料費を約 2 圓とすると W を低減した 14-4-1 系及び 12-4-1 系は夫々之の約 82~73% である。W を極減した 8-4-1 系の 1kg 當りの材料費は約 1 圓 20 錢で V を 5% に増加した 8-4-5 系は標準型と同程度の材料費である。8-4-1 系に Co 3% 添加すると標準型の約 70% で Co 添加量更に増加して 5% となると略標準型と同額となる。4-4-1 系及び 2-4-1 系の材料費は標準型の夫々約 40 及び 30% で之に Mo 8% 夫々添加するも標準型よりは低廉である。次に W を含有しない 0-4-1 系は標準型の約 1/5 で之に Mo 8% 添加す

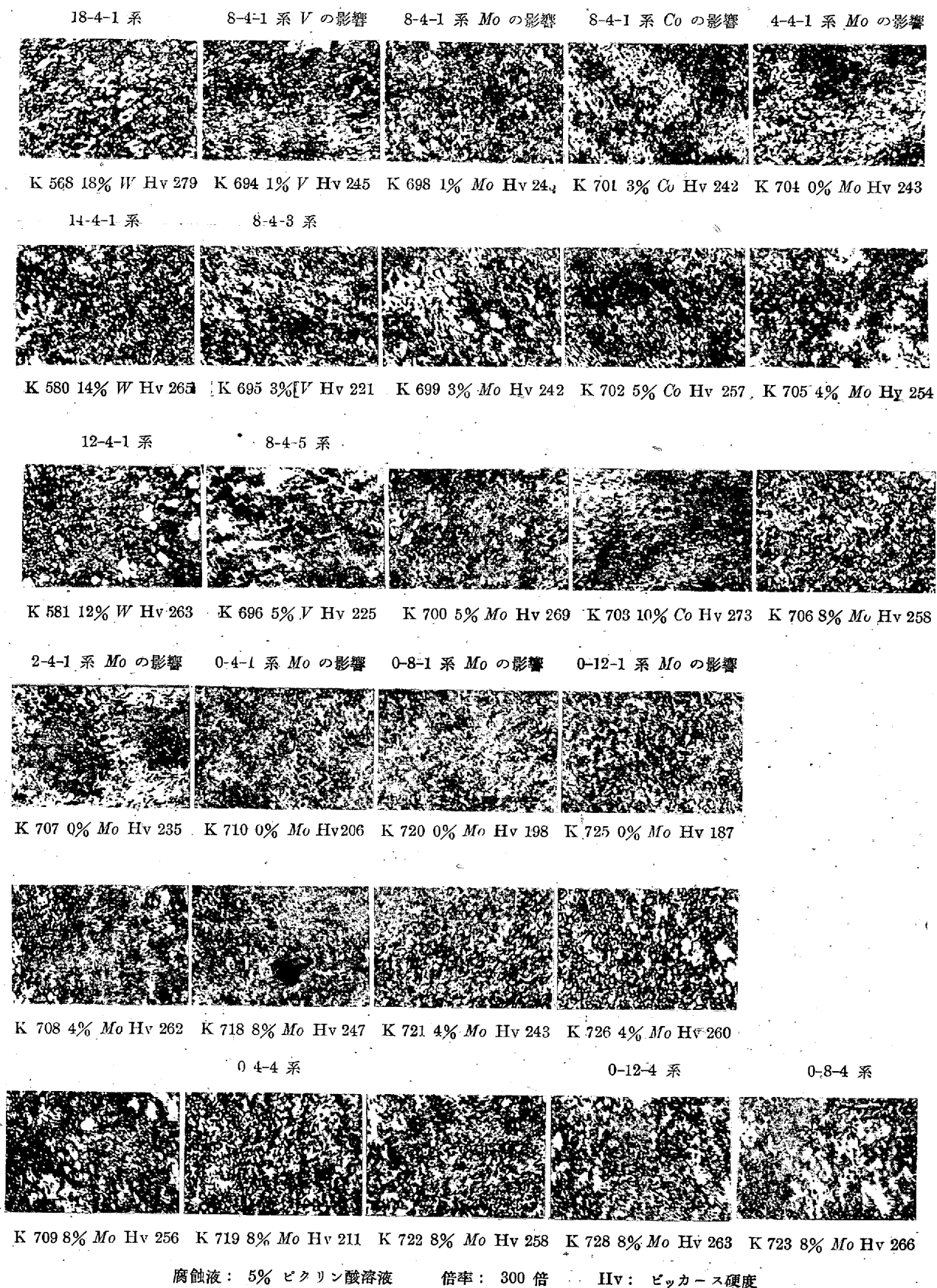
第4表 高速度鋼代用材の材料費内譯比較表

種別	熔解番號	主成分(%)					裝入量並に材料費												合計	材料費の比率(%)								
		C	W	Cr	V	Mo	Co	庖丁鐵		瑞典鏡鐵		フエロク		金屬タン		フエロ		フエロ			フエロ		kg	圓				
								kg	圓	kg	圓	kg	圓	kg	圓	kg	圓	kg			圓	kg			圓	kg	圓	kg
18-4-1系	K 568	8	18	4	1			11.0	1.507	3.30	386	1.23	1.009	3.90	32.674	45	5.782	.03	.052	.10	.014				20.0	41.414	2,071	100.0
14-4-1系	K 580		14					12.8	1.754	2.35	282			3.00	25.134											34.007	1,700	82.0
12-4-1系	K 581		12					13.1	1.795	2.50	300			2.57	21.531											30.453	1,523	73.4
	K 694	8	8	4	1			16.4	2.247	4.20	504	1.58	1.255	2.15	18.013	56	7.171	.05	.087	.13	.018				25.0	30.450	1,210	58.3
	K 695				3			15.3	2.096							1.63	17.927	.04	.069	.11	.015					39.877	1,594	76.8
8-4-1系	K 696				5			14.3	1.959							2.70	31.638	.03	.052							53.436	2,097	101.1
	K 698				1			15.9	2.178							.56	7.171	.05	.087	.13	.018					32.059	1,282	61.8
8-4-3系	K 699				3			15.1	2.069																	37.577	1,503	72.5
	K 700				5			14.3	1.959																	43.152	1,726	83.2
8-4-5系	K 701							15.6	2.187																	36.614	1,465	70.6
	K 702							15.1	2.069																	48.967	1,959	94.5
	K 703							13.9	1.904																	61.203	2,447	118.0
4-4-1系	K 704	8	4	4	1			17.0	2.329	4.60	552	1.53	1.255	1.08	9.048	56	7.171	.05	.087	.13	.018					20.460	818	39.4
	K 705							15.4	2.110	4.55	546															31.402	1,256	79.8
	K 706							13.8	1.891																	42.387	1,696	81.7
2-4-1系	K 707	8	2	4	1			17.4	2.384	4.80	576	1.53	1.255	.55	4.608	56	7.171	.05	.087	.13	.018					16.099	644	31.0
	K 708							15.8	2.165	4.75	570															27.110	1,084	52.2
	K 701							14.2	1.945	4.70	564															37.971	1,518	73.2
0-4-1系	K 710	8	0	4	1			17.7	2.425	5.00	600	1.53	1.255			56	7.171	.05	.087	.11	.015					11.513	462	22.2
	K 711							16.1	2.206	4.95	594															22.49	899	43.3
0-4-4系	K 718							14.6	2.000	4.90	588					465	5.945			.10	.014					32.253	1,289	62.1
	K 719							13.3	1.822	4.85	582					1.81	23.177									49.271	1,970	95.0
0-8-1系	K 720	8	0	8	1			16.4	2.247	4.91	594	3.06	2.509			47	6.018	.05	.087	.05	.007					11.462	458	22.0
	K 721							14.8	2.028	4.9	588															22.404	896	43.2
0-8-4系	K 722							13.2	1.808																	33.344	1,334	64.3
	K 723							13.3	1.822	3.70	444					1.81	23.177									48.870	1,954	94.2
0-12-1系	K 725	8	0	12	1			14.9	2.041	4.95	594	4.60	3.771			47	6.018	.05	.087							10.880	435	20.9
	K 726							14.2	1.945	4.15	498															22.540	901	43.4
0-12-4系	K 727							13.5	1.850	3.35	402															32.567	1,303	62.8
	K 728							12.3	1.685	3.25	390					1.81	23.177									49.415	1,976	95.3

(2) 18-4-1 標準型の材料費の比率を100%とする。

【備考】(1) 原料の1kg 當り單價並に含有金屬の純度次の通り。

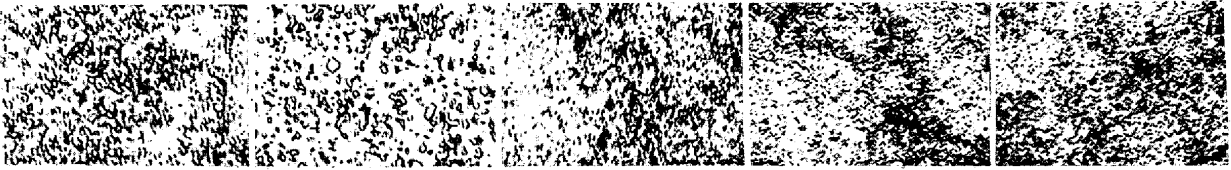
原料名	純度(%)	庖丁鐵	瑞典鏡鐵	フエロク	金屬タン	フエロ	フエロ	フエロ	コバルト
原料1kg 當り單價(圓)		120	820	12.805	173	136	6.768	9.905	
(現在の價格は多少相違する者あり)									
含有金屬元素の純度(%)		C 4.00	Cr 65.4	W 94.66	V 56.22	Mn 75.85	Si 28.23	Mo 66.15	Co 99.90



腐蝕液： 5% ピクリン酸溶液 倍率： 300 倍 Hv： ピッカース硬度

第 27 圖 (I) 高速度鋼代用材の 900°C 爐中焼鈍状態の顕微鏡寫真

18-4-1 系 8-4-1 系 V の影響 8-4-1 系 Mo の影響 8-4-1 系 Co の影響 4-4-1 系 Mo の影響



K 568 18% W HRC 62.0 K 694 1% V HRC 62.0 K 698 1% Mo HRC 5.3 K 701 3% Co HRC 61.0 K 704 0% Mo HRC 63.2

14-4-1 系 8-4-3 系



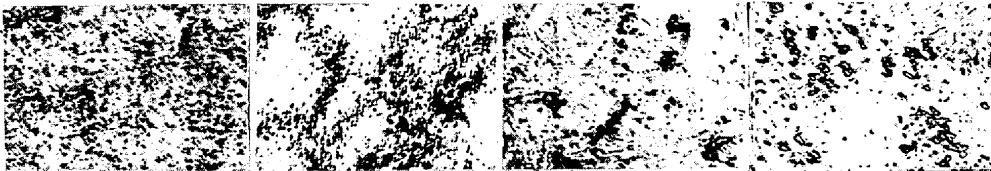
K 580 14% W HRC 61.8 K 695 3% V HRC 62.2 K 699 3% Mo HRC 61.2 K 702 5% Co HRC 63.2 K 705 4% Mo HRC 65.1

12-4-1 系 8 4 5 系



K 581 12% W HRC 61.5 K 696 5% V HRC 53.1 K 700 5% Mo HRC 60.2 K 703 10% Co HRC 60.7 K 706 8% Mo HRC 65.0

2-4-1 系 Mo の影響 0-4-1 系 Mo の影響 0-8-1 系 Mo の影響 0-12-1 系 Mo の影響



K 707 0% Mo HRC 61.1 K 710 0% Mo HRC 62.6 K 720 0% Mo HRC 58.5 K 725 0% Mo HRC 59.2



K 708 4% Mo HRC 60.9 K 718 8% Mo HRC 62.3 K 721 4% Mo HRC 61.0 K 726 4% Mo HRC 55.8

0-4-4 系

0-12-4 系

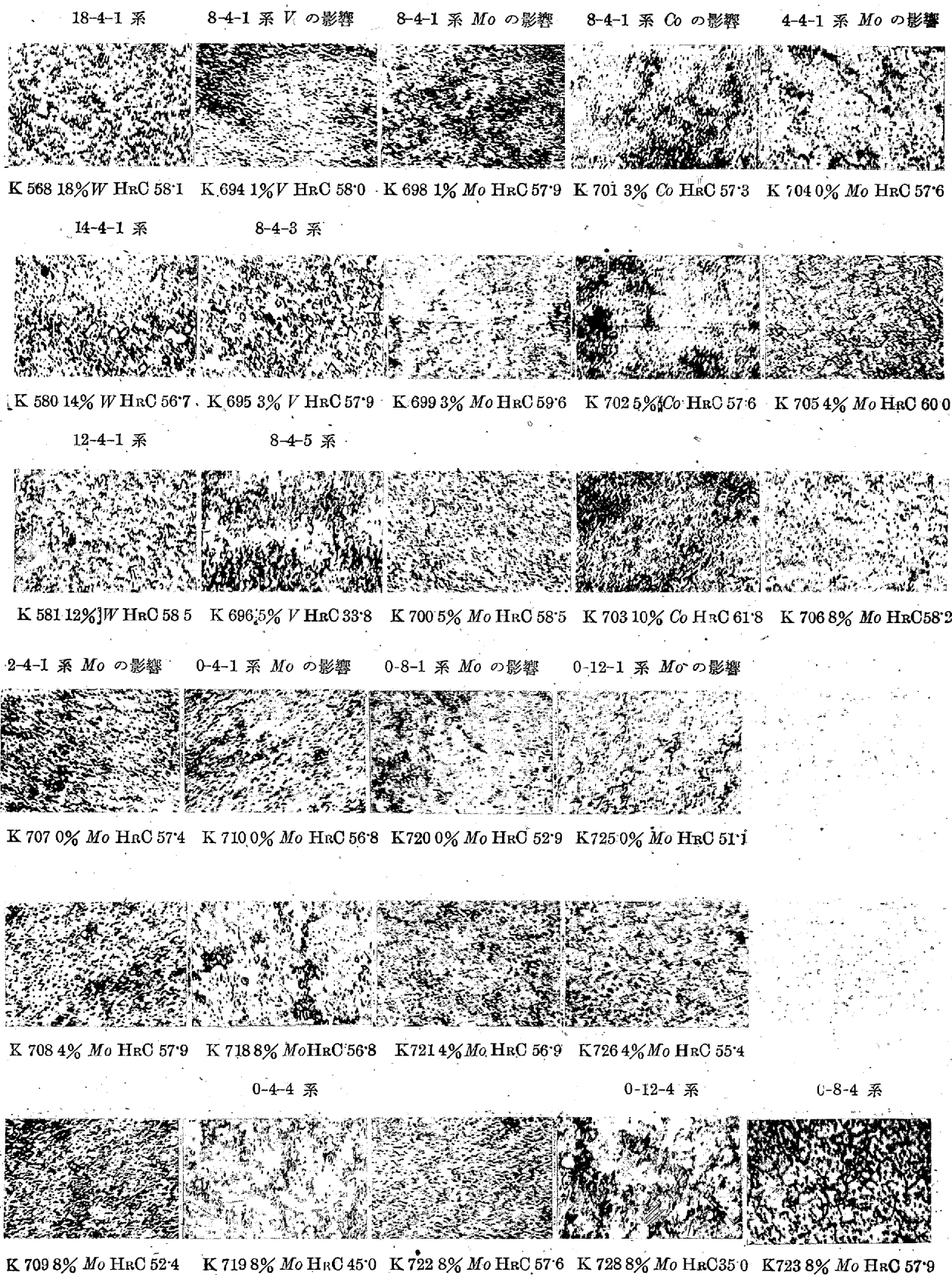
0-8-4 系



K 709 8% Mo HRC 61.7 K 719 8% Mo HRC 44.5 K 722 8% Mo HRC 60.7 K 728 8% Mo HRC 36.2 K 723 8% Mo HRC 60.0

腐蝕液： 王水グリセリン溶液 倍率： 400 倍 HRC： ロックウェル硬度，C 目盛

第 27 圖 (II) 高速度鋼代用材の 1,250°C 焼入状態の顯微鏡寫眞



腐蝕液: 王水グリセリン溶液 倍率: 400 倍 HRC: ロックウエル硬度, C 目盛

第 27 圖 (III) 高速度鋼代用材の 1,250°C 焼入, 550°C 焼戻状態の顕微鏡写真

18-4-1 系

8-4-1 系 V の影響

8-4-1 系 Mo の影響

8-4-1 系 Co の影響

4-4-1 系 Mo の影響



K 568 18% W HRC 62.4 K 694 1% V HRC 61.9 K 698 1% Mo HRC 62.2 K 701 3% Co HRC 62.1 K 704 0% Mo HRC 60.1

14-4-1 系

8-4-3 系



K 580 14% W HRC 61.2 K 695 3% V HRC 62.1 K 699 3% Mo HRC 62.4 K 702 5% Co HRC 64.9 K 705 4% Mo HRC 63.8

12-4-1 系

8-4-5 系



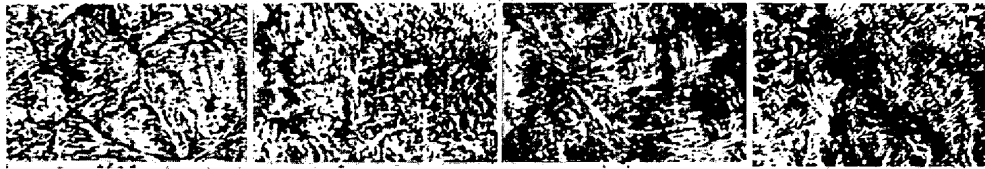
K 581 12% W HRC 61.5 K 696 5% V HRC 35.9 K 700 5% Mo HRC 62.1 K 703 10% Co HRC 63.8 K 706 8% Mo HRC 60.0

2-4-1 系 Mo の影響

0-4-1 系 Mo の影響

0-8-1 系 Mo の影響

0-12-1 系 Mo の影響



K 707 0% Mo HRC 62.3 K 710 0% Mo HRC 61.4 K 720 0% Mo HRC 55.8 K 725 0% Mo HRC 52.7



K 708 4% Mo HRC 61.8 K 718 8% Mo HRC 62.4 K 721 4% Mo HRC 40.7 K 726 4% Mo HRC 42.2

0-4-4 系

0-12-4 系

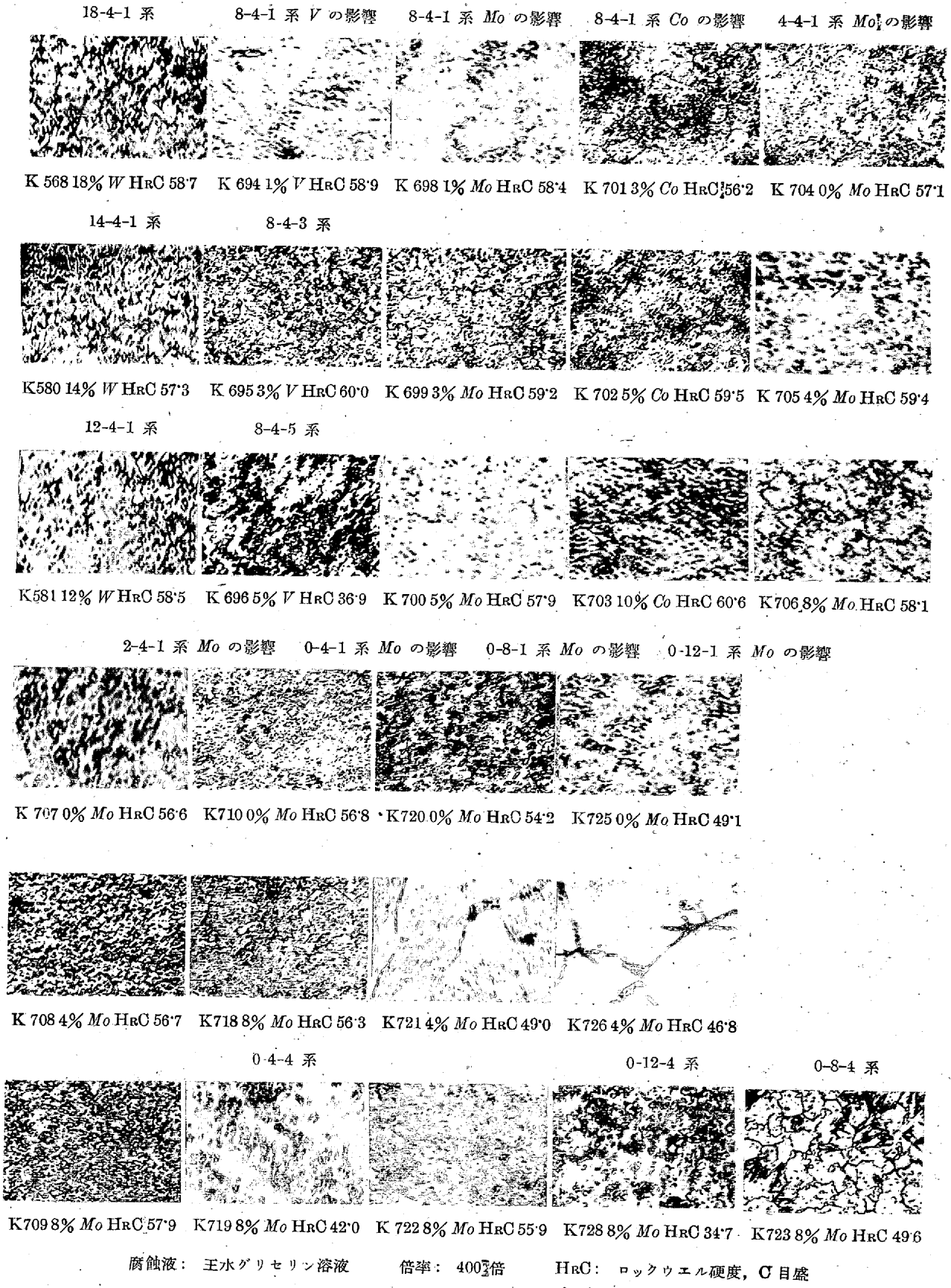
0-8-4 系



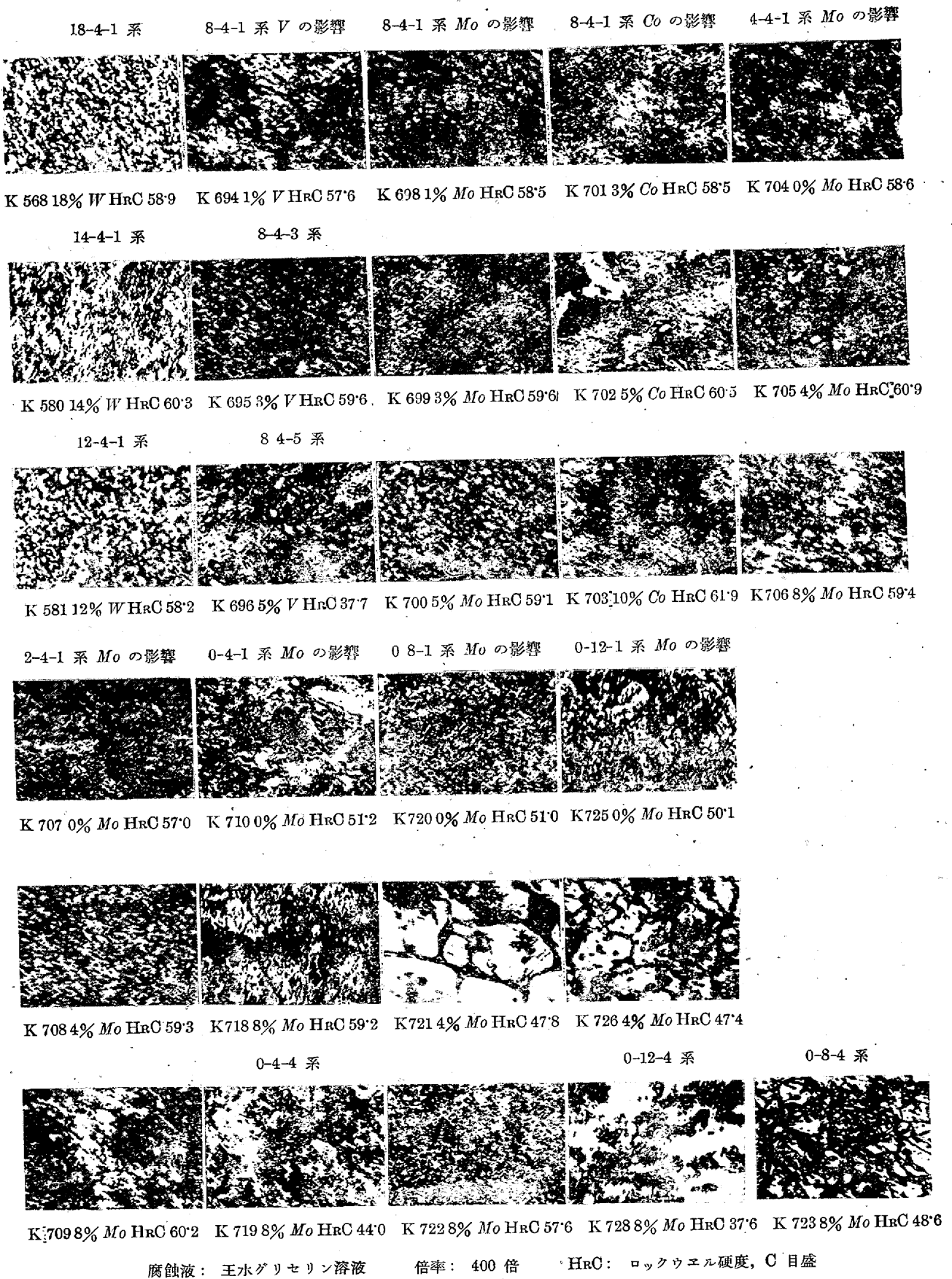
K 709 8% Mo HRC 62.9 K 719 8% Mo HRC 46.1 K 722 8% Mo HRC 59.9 K 723 8% Mo HRC 35.9 K 723 8% Mo HRC 55.9

腐蝕液: 王水グリセリン溶液 倍率: 400 倍 HRC: ロックウェル硬度, C 目盛

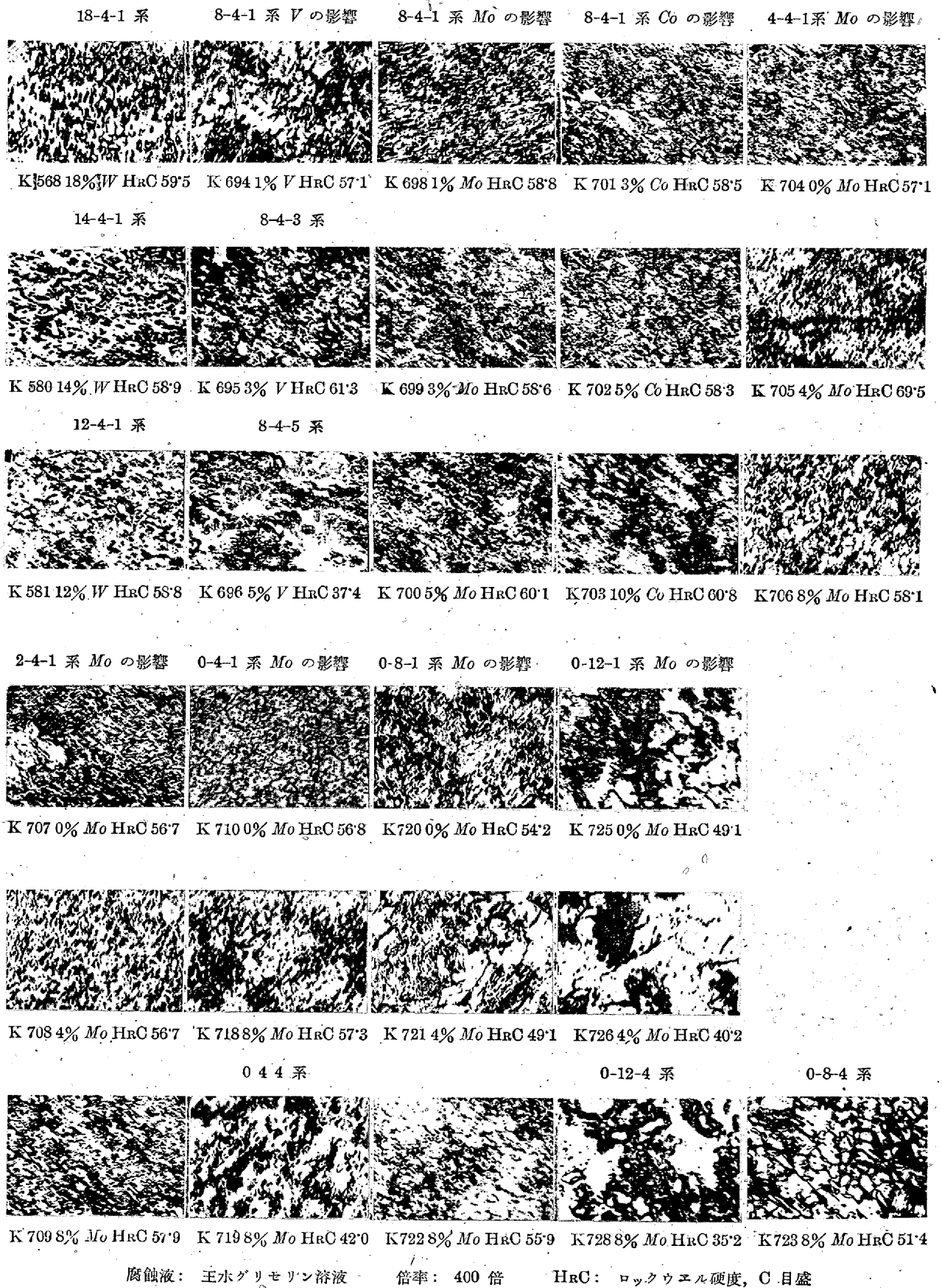
第 27 圖 (IV) 高速鋼代用材の 1,300°C 焼入状態の顯微鏡寫眞



第 27 圖 (V) 高速度鋼代用材の 1,300°C 焼入, 400°C 焼戻状態の顯微鏡寫眞



第 27 圖 (VI) 高速度鋼代用材の 1,300°C 焼入，500°C 焼戻状態の顕微鏡寫眞



第 27 圖 (VII) 高速度鋼代用材の 1,300°C 焼入, 550°C 焼戻状態の顕微鏡寫眞

18-4-1 系

8-4-1 系 V の影響

8-4-1 系 Mo の影響

8-4-1 系 Co の影響

4-4-1 系 Mo の影響



K 568 18% W HRC 59.9 K 694 1% V HRC 57.6 K 698 1% Mo HRC 60.0 K 701 3% Co HRC 59.8 K 704 0% Mo HRC 57.0

14-4-1 系

8-4-3 系



K 580 14% W HRC 60.1 K 695 3% V HRC 58.7 K 699 3% Mo HRC 60.1 K 702 5% Co HRC 59.1 K 705 4% Mo HRC 59.6

12-4-1 系

8-4-5 系



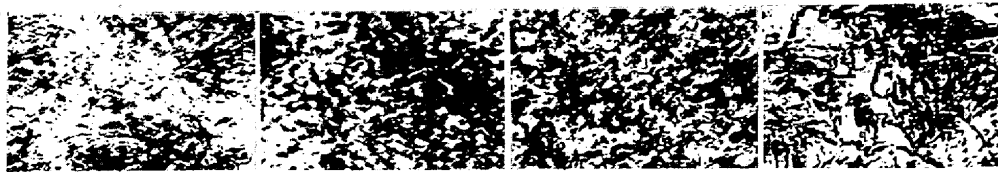
K 581 12% W HRC 64.9 K 696 5% V HRC 38.2 K 700 5% Mo HRC 58.4 K 703 10% Co HRC 62.9 K 706 8% Mo HRC 59.3

2-4-1 系 Mo の影響

0-4-1 系 Mo の影響

0-8-1 系 Mo の影響

0-12-1 系 Mo の影響



K 707 0% Mo HRC 56.4 K 710 0% Mo HRC 56.1 K 720 0% Mo HRC 56.8 K 725 0% Mo HRC 47.4



K 708 4% Mo HRC 59.3 K 718 8% Mo HRC 61.4 K 721 4% Mo HRC 52.2 K 726 4% Mo HRC 47.1

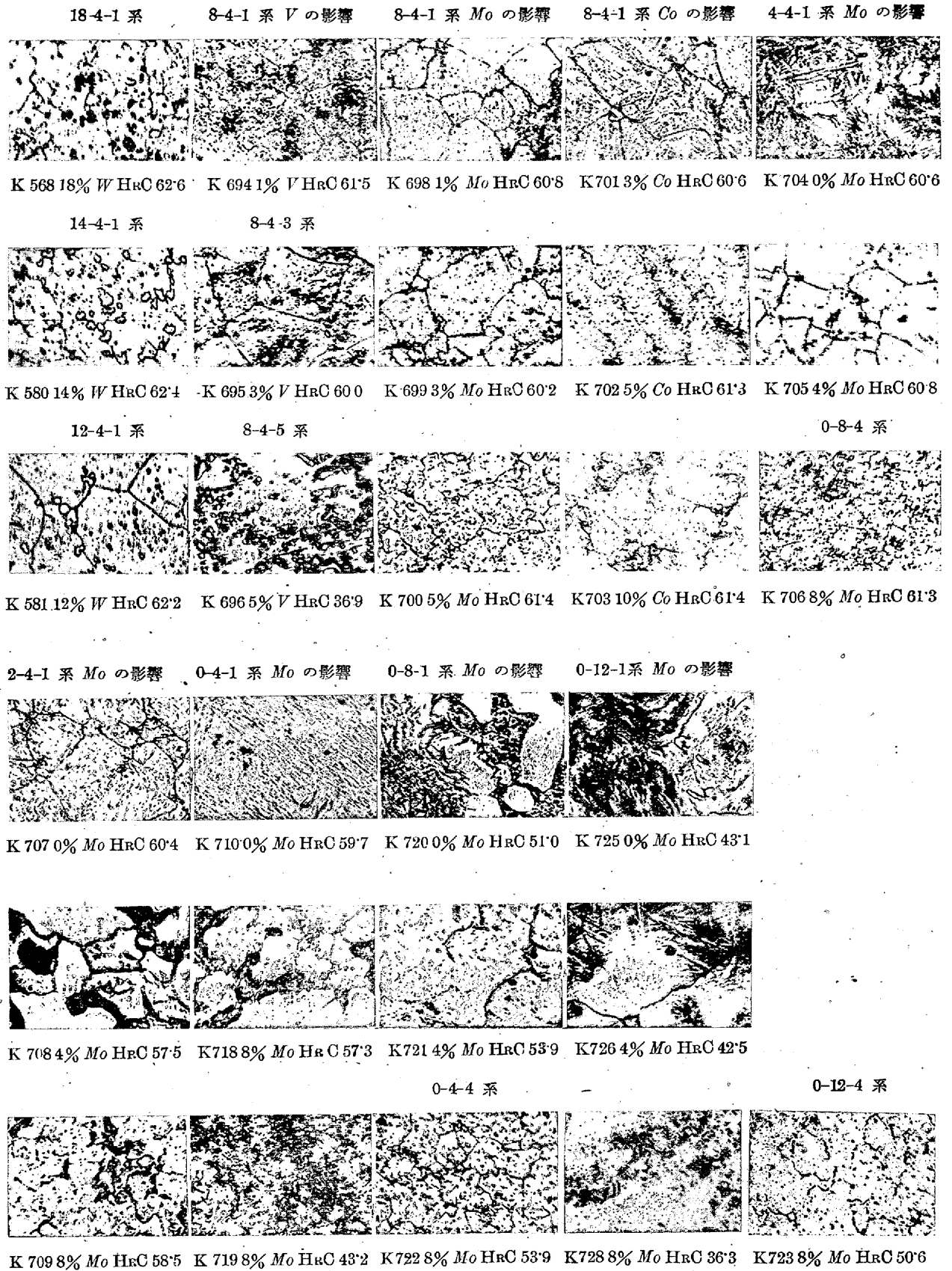
0-4-4 系



K 709 8% Mo HRC 61.5 K 719 8% Mo HRC 45.7 K 722 8% Mo HRC 56.4 K 728 8% Mo HRC 37.6

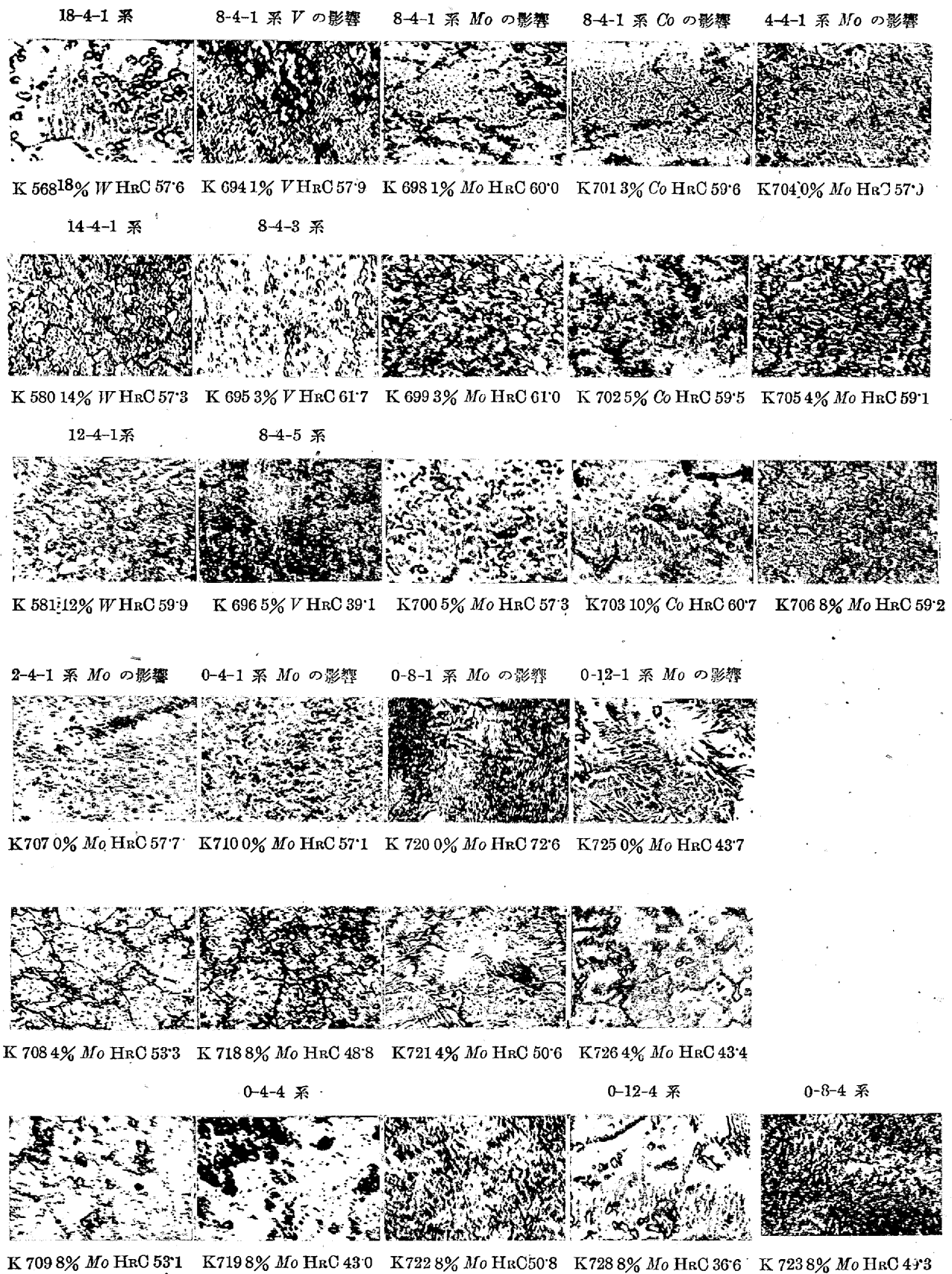
腐蝕液： 王水グリセリン溶液 倍率： 400 倍 HRC： ロックウェル硬度，C 目盛

第 27 圖 (VIII) 高速度鋼代用材の 1,300°C 焼入，600°C 焼戻状態の顕微鏡写真



腐蝕液: 王水グリセリン溶液 倍率: 400 倍 HrC: ロックウェル硬度, C 目盛

第 27 圖 (IX) 高速度鋼代用材の 1,340°C 焼入状態の顕微鏡寫眞



腐蝕液： 王水グリセリン溶液 倍率： 400 倍 HRC： ロックウェル硬度，C 目盛

第 27 圖 (X) 高速度鋼代用材の 1,340°C 焼入，550°C 焼戻状態の顯微鏡寫眞

るも約 62% である。

Cr を増加した所謂 0-8-1 系及び 0-12-1 系は 0-4-1 系より稍高價であるが大差はない。

價格の綜合比較 以上の各成分系の材料費に就て比較検討して觀ると一般に標準型の高價な W 量を低減したものは低減量の多い程低廉となるは勿論のこと、W の代りに少量の Mo を以て置換添加した所謂代用材も一般に標準型より低廉であるから Mo 等の資源關係が可成り潤澤となれば經濟的に見ても代用材は有利であらうと考へられる。又 W の代りに少量の Co で置換したものは Co 5% 迄は略標準型と同額となり其の切削力は著しく向上し得るから上述の見地よりすれば之亦得策なりと謂ひ得る。

4. 實驗結果の綜合竝に考察

以上 18-4-1 標準型高速度鋼中の W 量を低減又は極減した所謂高速度鋼代用材に就き各種の試験により其の諸性質を調査した主要なる成績を一括表示すれば第 5 表の通りである。

今之等諸試験の結果を綜合し之に對して若干の考察を加へると概略次の如く述べる事が出来る。

1) 18-4-1 標準型の W 量を 14% 迄低下した 14-4-1 系も硬度及び切削實用試験に於て殆ど標準型に匹敵する成績を示し居るは、安定な W の複炭化物の成生に對し W 量は 14% 含有すれば十分なるものと認められる。

2) 標準型の W 量を更に極減し夫々 8, 4 及び 2% としたる 8-4-1 系, 4-4-1 系及び 2-4-1 系迄に W を全然含有して居ない 0-4-1 系は硬度及び切削力等何れも標準型に及ばない。之は焼入状態の儘ではマルテンサイト組織が可成り著しく現れるが焼戻を施し使用状態に熱處理すればトルースタイトとなる爲と考へられる。之に Mo を 4~8% の適量を置換したものは概ね標準型と同等乃至之以上の良成績を現すものが多い。之は Mo の添加により成生された炭化物の安定度を増すと共に Mo の複炭化物の成生に因るものと思惟される。

3) 標準型の W を全然含有せず Cr を夫々 8 及び 12% の如く多量に含有せしめた 0-8-1 系及び 0-12-1 系は焼入状態では何れもオーステナイト地に可成り顯著なマルテンサイトが存在するが之を焼戻すればトルースタイトとなる爲硬度及び切削能力が小となる。

第 5 表 高速度鋼代用材の各種試験成績一括表

種別	主成分(%)						熔解 番號	比重	1,200 °C×10 ³ h 後の 酸化量 g/cm ²	ピッカース 硬度 900°C 爐中燒鈍	ロツクウェル C 硬 度		落下式高温 硬 度 (試験温度) 600°C kgmm/mm ²	15h 後 の 耐 磨 減 率		切削耐久時間		切削速度 V ₆₀	
	C	W	Cr	V	Mo	Co					1,300°C 燒 入	1,300°C 燒入 550 °C 燒戻		%	比率%	5回平均 mn-s	比率 %	m/ mm	比率 %
18-4-1系	8	18	4	1	—	—	K 568	8.723	1.2665	—	63.4	59.5	1,080	81.7	100.0	8-35	100.0	9.1	100.0
14-4-1系	"	14	"	"	—	—	K 580	8.468	1.6258	266	62.2	58.9	1,050	73.1	89.4	8-23	97.6	9.0	98.9
12-4-1系	"	12	"	"	—	—	K 581	8.350	1.3871	263	62.5	58.8	1,120	71.8	87.8	7-29	87.1	8.8	96.7
8-4-1系	"	8	4	1	—	—	K 694	8.142	1.2651	244	61.8	57.1	1,280	—	—	7-14	84.2	8.75	96.1
	"	"	"	3	—	—	K 695	8.094	0.8383	221	62.0	61.3	1,180	90.0	110.1	4-17	49.9	8.2	90.1
	"	"	"	5	—	—	K 696	8.085	0.9027	225	35.9	37.4	300	25.1	30.7	—	—	—	—
	"	"	"	1	1	—	K 698	8.153	0.6786	244	62.2	58.8	980	78.4	95.9	11-41	136.1	9.5	104.3
	"	"	"	"	3	—	K 699	8.301	0.5963	242	62.4	58.6	1,600	80.2	98.1	15-24	179.0	9.9	108.7
	"	"	"	"	5	—	K 700	8.335	0.8060	269	62.1	60.1	1,100	85.9	105.1	9-14	107.5	9.4	103.2
8-4-3系	"	"	"	"	—	—	K 701	8.162	0.5375	241	62.0	58.5	1,630	74.8	91.5	12-26	144.8	9.65	106.0
	"	"	"	"	—	—	K 702	8.171	0.5267	258	64.9	58.5	1,300	80.2	98.1	15-30	180.5	9.9	108.7
	"	"	"	"	—	—	K 703	8.185	0.5232	273	63.8	60.8	1,700	86.0	105.2	—	—	—	—
4-4-1系	"	4	4	1	—	—	K 704	7.935	0.8266	242	60.1	57.1	1,190	21.3	26.0	0-36	6.9	—	—
	"	"	"	"	4	—	K 705	8.010	1.0703	254	63.8	59.5	820	94.0	115.0	11-41	136.1	9.5	104.3
	"	"	"	"	8	—	K 706	8.010	0.6660	258	60.0	58.1	1,600	75.8	92.7	6-34	76.5	8.7	95.6
2-4-1系	"	2	4	1	—	—	K 707	7.840	0.9746	235	62.3	56.7	1,040	27.4	33.5	1-08	13.2	—	—
	"	"	"	"	4	—	K 708	7.970	0.7116	262	61.8	56.7	1,760	97.6	119.4	15-02	175.1	9.8	107.6
	"	"	"	"	8	—	K 709	7.987	0.6321	256	62.9	57.9	1,400	76.8	94.0	8-08	94.7	8.8	96.7
0-4-4系	"	0	4	1	—	—	K 710	7.765	0.9084	206	61.4	56.8	1,100	13.1	16.0	0-10	1.9	—	—
	"	"	"	"	8	—	K 718	7.865	0.6436	246	62.4	57.3	1,290	72.3	88.4	8-49	102.7	9.2	101.0
	"	"	"	"	4	—	K 719	7.795	0.5312	211	46.1	42.0	570	34.9	42.7	—	—	—	—
0-8-1系	"	0	8	1	—	—	K 720	7.710	0.7138	198	55.8	54.2	890	39.3	48.1	0-11	2.1	—	—
	"	"	"	"	4	—	K 721	7.775	0.6446	243	50.7	49.1	—	36.8	45.0	3-00	34.9	7.8	85.7
	"	"	"	"	8	—	K 722	—	0.6611	257	59.9	55.9	1,870	60.1	73.5	6-08	71.4	8.6	94.5
	"	"	"	"	4	—	K 723	7.845	0.6859	266	55.9	51.4	—	28.9	35.3	1-09	13.3	—	—
0-12-1系	"	0	12	1	—	—	K 725	7.689	0.6034	187	52.8	49.1	1,270	34.9	42.7	0-08	1.5	—	—
	"	"	"	"	4	—	K 726	7.750	0.6156	—	43.2	—	600	—	—	0-07	1.2	—	—
	"	"	"	"	4	—	K 728	7.695	1.0574	263	35.9	35.2	450	18.4	22.5	3-39	42.5	7.9	86.8

註 比率(%)は 18-4-1 標準型の値を 100 とした場合を示す。

4) 高速度鋼に於て V 量を増加したものの研究に關しては Oertel & Grütznert⁷⁶⁾ によれば V 5% ならば C 1.4% 含有する必要があり之は經濟的にも製造可能であると述べて居り、又 Gledhill⁷⁷⁾ によれば V は Cr の役割を擔當することも出来るから相當量の V があれば Cr を含まなくてもよいといふ報告がある。又 Mo-V 高速度鋼に就て Brown⁷⁸⁾ の報告がある。之によれば Mo-V 新高速度鋼は 18-4-1 型に比較して經濟的速度を 8~26% 大ならしめ、その熱處理も左程困難ではないとのことである。著者は高速度鋼代用材としての 8-4-1 系、0-4-1 系、0-8-1 系及び 0-12-1 系の V 量を 1~4% 迄増加せしめたものに就き研究の結果殆ど全部硬度著しく低下し従て切味も劣て居ることを知り得た。之は V 量を増し之に伴つて C 量を増加しなかつた爲極めて安定な V の特殊炭化物を生じ之が焼入温度に於ても γ に溶け込まず寧ろ之が核となつて炭化物の粒子が粗大化するに因るものと考へられる。

5) 8-4-1 系に Co 量を夫々 3, 5 及び 10% 添加するとき Co の添加により切削力を向上し殊に Co 量の多いもの程良好な成績を示してゐる。之は Co の添加により顯微鏡組織に見える如く炭化物の粒子微細となると共に固相線が上昇し高温加熱するも燃焼組織を生ぜず且マルテンサイトの熱による分解が緩徐となるに因るものと認められる。

III. 酸性及び鹽基性高速度鋼の比較研究

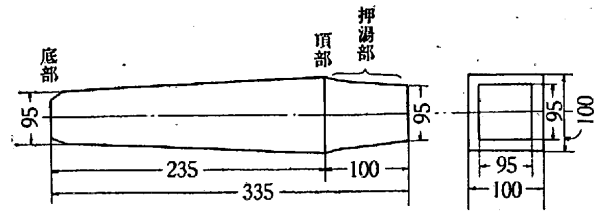
酸性高速度鋼及び鹽基性高速度鋼の選擇如何は、其の鋼質の良否に至大の關係あるべく重要視さるべきものであるに拘らず、從來之が研究の發表せられたものは餘り多くはない。

酸性裏付けで高速度鋼を熔解し硝子粉をまいて鋼滓を作りこの鋼滓を何回も取替へてやることにより切削壽命の極めて大なる鋼を得、切削壽命を低下させるのは鋼中に含有される酸素であらうと考へ之を減少又は除去すべく努めたといふデータがある。この外 Steel⁷⁹⁾ 誌其の他に所載の程度で Gill⁸⁰⁾ は工具鋼の熔解爐の種類に就て主として述べて居る。依つて著者は酸性及び鹽基性高速度鋼の諸性質に就て其の比較研究を行つたのであるが本報文に於ては其の経過並に成績に就て述べることにする。

1. 試料の調製

高速度鋼の性質に及ぼす爐裏付けの差異の影響を比較する爲 50 kg 高周波爐により第 29 圖に示す鹽基性及び酸性

の 18-4-1 標準型高速度鋼の 20kg 角型鋼塊各 1 本を熔製



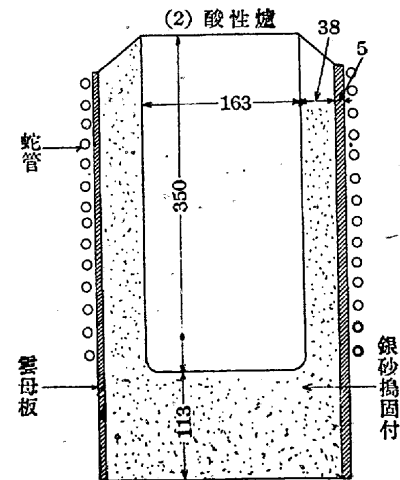
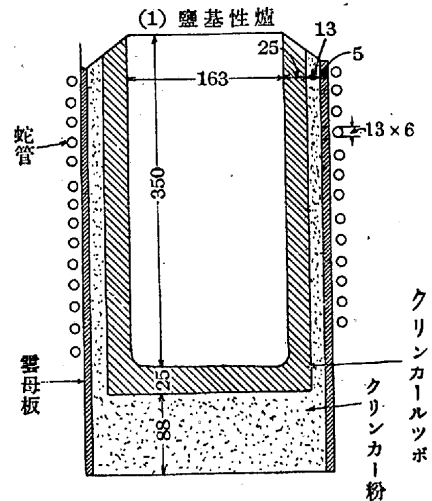
第 29 圖 酸性及び鹽基性高速度鋼の比較研究用 20 kg 角型鋼塊の形狀寸法圖 (單位 mm)

第 6 表 酸性及び鹽基性高速度鋼の比較研究試料の分析成分表 (%)

熔解番號	熔解爐	C	Si	Mn	P	S	W	Cr	V
K 993	鹽基性	0.76	0.05	0.15	0.017	0.021	18.64	4.10	0.85
K 994	酸性	0.77	0.26	0.10	0.017	0.021	18.58	4.00	0.85

した。其の分析成分は第 6 表に示す通りである。

鹽基性及び酸性高周波爐の裏付けは第 30 圖に示す如く、其の熔解操業記録は第 7 及び第 8 表の通りである。



第 30 圖 鹽基性及び酸性高周波爐のライニング略圖 (單位 mm)

第7表 鹽基性高周波爐製 18-4-1 型高速度鋼の熔解記録 (熔解番號 K 993)

装入時刻	装入材料		作業		温度測定(°C)			記事
	品名	重量 kg	種別	時刻	場所	始	終	
0-04	精鋼材 (K 978)	18'100	送電	0-04	室内	19'0	25'0	電力消費量(kWh)66 注出量(kg) 20'000 使用石灰石量(kg) 200 使用炭粉量(kg) 015 使用螢石量(kg) 010
"	レトルトカーボン	007	熔落	1-02	發電機	"	31'0	
"	銑鐵	1'000	フェロワナヂウム投入	1-03	電動機	"	34'0	
"	フェロクロム	0170	アルミニウム投入	1-28	爐冷却水	14'5	25'0	
"	金屬タングステン	0540	送電中止	1-30	復水器	"	15'0	
1-03	フェロワナヂウム	0080	注出	1-31	冷却水			
"	フェロシリコン	0090						
1-28	アルミニウム	0020						
合 計		20'000						

	C	Si	Mn	P	S	Cr	W	V
豫定	80	—	—	—	—	4'00	18'00	1'00
結果	76	05	0'15	0'17	021	4'10	18'64	85

第8表 酸性高周波爐製 18-4-1 型高速度鋼の熔解記録 (熔解番號 K 994)

装入時刻	装入材料		作業		温度測定(°C)			記事
	品名	重量 kg	種別	時刻	場所	始	終	
1-31	精鋼材 (K 979 A)	18'700	送電	1-31	室内	25'5	28'0	電力消費量(kWh) 42 注出量(kg) 20'000
"	レトルトカーボン	011	熔落	1-58	發電機	31'5	38'0	
"	銑鐵	420	フェロワナヂウム投入	2-00	電動機	34'5	41'0	
"	フェロクロム	255	アルミニウム投入	2-23	爐冷却水	15'0	30'0	
"	金屬タングステン	510	送電中止	2-25	復水器	"	16'0	
2-00	フェロワナヂウム	0090	注出	2-26	冷却水			
2-23	アルミニウム	0020						
合 計		20'006						

	C	Si	Mn	P	S	Cr	W	V
豫定	80	—	—	—	—	4'00	18'00	1'00
結果	77	26	10	0'17	021	4'00	18'58	85

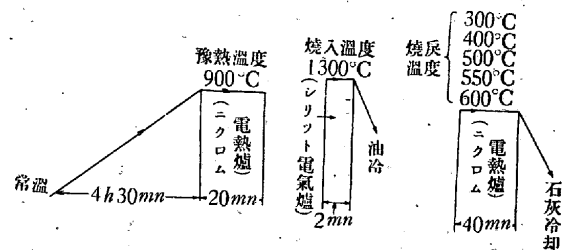
即ち鹽基性爐の裏付けとしてはマグネシア粉末の内側にマグネシア・ルツボを入れたものを使用し之に對して酸性爐の裏付けには銀砂を搗固付けしたものを使用した。

本鋼塊の分析成分は前記第6表の通り酸性鋼、鹽基性鋼共に大差なき値を示して居る。

上記の各鋼塊は何れも1.5噸蒸氣槌を以て鍛鍊温度1,200°Cより硬度及び顯微鏡試験片として15×20×20mm寸法の角棒を鍛延し次に切削實用試験片として25×37×400mm寸法のものとして18×18×400mm寸法のものとの大小2種の試験片を鍛延し双先部を一定形状に研磨した。之等試験片の熱処理要領は右圖の熱處理曲線に示す通りである。

2. 實驗成績

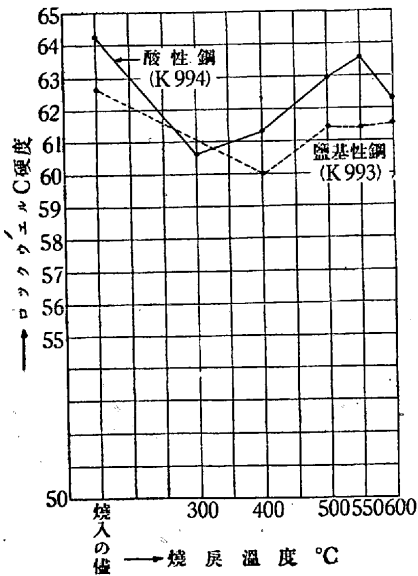
a) 硬度試験 下圖の通り熱處理を施した硬度試験片の



熱處理曲線

鍛延面各5箇所就きロツクウエルC硬度を測定した、成績は第31圖に示す通り1,300°C焼入の儘並に300°, 400°

500°, 550° 及び 600°C の各焼戻温度に於ける硬度値は鹽



第 31 圖 鹽基性及び酸性高速度鋼の焼戻温度-硬度曲線 (各 5 箇所測定の平均を示す)

基性鋼よりも酸性鋼の方が大である。

b) 顯微鏡試験

上記の硬度試験片について顯微鏡試験を施行した結果は第32圖に示す通りで、焼入状態並に焼入後の焼戻状態に於て鹽基性鋼の炭化物の粒子の大きさが酸性鋼よりも稍大なる一般的傾向を示して居る。

本試験結果は硬度試験結果を概ね裏書し

て居る處である。

e) 切削實用試験 切削實用試験片として前述の通り寸法 25×37×400mm のものと寸法 18×18×400mm のものと大小 2 種の大きさの 18-4-1 型高速度鋼を試作し次回の切削條件で切削力に及ぼす鹽基性及び酸性の差異並にバイトの大きさの影響を比較試験した。

切削條件

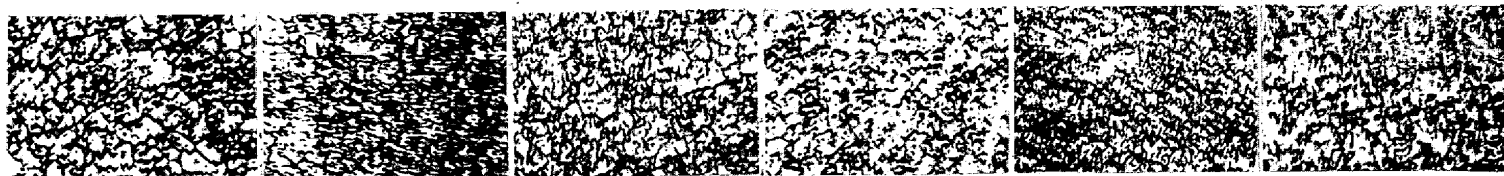
- 被削材料：材質……高張力特殊 Ni-Cr-Mo 鋼
- 寸法……切削試験前の徑 500mm
- 機械的性質……抗張力 101kg/mm², 伸 21%, ブリネル硬度 304

切削條件：切削條件中の切削速度は加工材質によつて變

(i) 鹽基性鋼 (熔解番號 K993)



(ii) 酸性鋼 (熔解番號 K 994)



第 32 圖 鹽基性及び酸性 18-4-1 型高速度鋼の顯微鏡寫眞 (腐蝕液：王水 倍率：400 倍)

すべきものであることを Hülle⁸¹⁾ は例示によつて述べて居り、又米國 G.E. 會社に於ける各種切削速度の試験結果の發表したもの⁸²⁾等があるが、著者は上記の被削材質に対し次記の切削速度を採用した。

切削速度 12 m/min, 切込 3 mm, 送り 1 mm

上記の切削條件で切削實用試験を施行した結果は第 33 圖 (其 1 及び其 2) に示す通りである。第 33 圖 (其 1) は切削耐久時間-試験回数曲線で第 33 圖 (其 2) は VTⁿ=C (一定) なる Taylor の一般式により求めた切削速度-切削耐久時間關係曲線を示す。

茲に n の値は著者の從來の試験結果に徴して 1/7 と推定した。之より求めた V₆₀ の値の比較並に切削試験成績の

第 9 表 鹽基性及び酸性高速度鋼の切削實用試験成績表

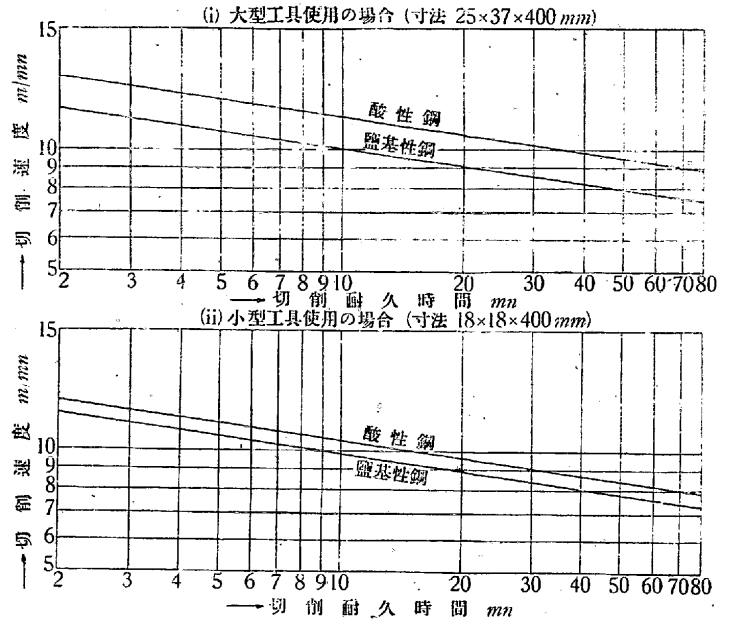
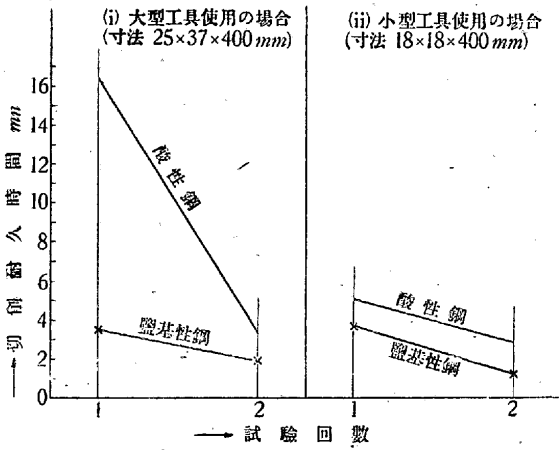
熔解番號	鋼種	断面寸法 mm	切削耐久時間				切削速度 V ₆₀	
			第 1 回 min-s	第 2 回 min-s	平均 min-s	%	m/min	百分率 %
K 993	鹽基性鋼	25×37大型	3-34	1-58	2-46	100.0	7.75	100.0
K 994	酸性鋼	同上	16-28	3-16	3-50	355.4	9.25	119.3
K 993	鹽基性鋼	18×18小型	3-44	1-15	2-29	100.0	7.60	100.0
K 994	酸性鋼	同上	5-07	2-55	4-06	165.1	8.20	107.8

詳細は第 9 表の通りである。

上記の切削實用試験結果に就て觀るに酸性高速度鋼は一般に鹽基性高速度鋼よりも成績良好にして殊に工具断面寸法 25×37mm なる大型のものに於て然りである。Hessenbruch⁸³⁾ も酸性鋼が鹽基性鋼よりも優つて居ることを述べて居り著者の實驗結果と略一致して居る。

3. 實驗結果の綜合並に考察

本研究の結果に依れば 18-4-1 標準型高速度鋼に於て酸



第 33 圖(其1)鹽基性及び酸性高速度鋼の切削耐久時間-試験回数曲線 第 33 圖(其2)鹽基性及び酸性高速度鋼の切削速度-切削耐久時間曲線

性鋼は鹽基性鋼よりも良成績を示して居る。

之は酸性爐の場合は珪素還元が起り鹽基性爐の場合に比較し主として熔鋼の脱酸が良好となるに因る爲であらうと考へられる。

IV. 總 括

上記の諸試験の結果を總括して述べれば概要次の通りである。

1) 高速度鋼節約の見地より 18-4-1 標準型高速度鋼中の 18% の多量の W を低減又は極減したのもの又は W 量の一部を少量の Mo 及び Co 等の元素で置換した所謂高速度鋼代用材を系統的に計 30 種類試製し、其の可鍛性及び變態溫度を調べ焼鈍 焼入及び焼戻の溫度を異にしたものの硬度試験、高温硬度を調査し酸化によるスケール化損失の狀況 耐磨減性、顯微鏡組織及び切削生等の比較研究を施行し併せて酸性及び鹽基性標準型高速度鋼の比較試験を施行した。

2) 抗張力 $97kg/mm^2$ なる高張力 $Ni-Cr-Mo$ 鋼を被削材とし切削速度毎分 12m, 切込 3mm, 送り 1mm の條件で切削實用試験を施行した結果 W 量を 14% に低減したる 14-4-1 系の平均切削能力は 18-4-1 標準型に略匹敵し W 量を 12% に低減したる 12-4-1 系はこの約 87% である。

W を極減した 8-4-1 系の切削力は標準型の約 84% に低下するが本系並に 4-4-1 系, 2-4-1 系及び W を全然含有しない 0-4-1 系に夫々 Mo を適當に少量添加したものと並に 8-4-1 系に Co を適量添加したものの切削力は標準

型に劣らない良成績を示すことを本研究により知り得た。

3) 高速度鋼代用材と被削材たる高張力鋼とを特殊に試作した取付金具によりアムスラー式磨減試験機に締付け磨減試験の結果、各成分系と耐磨減率の關係は成分系と切削耐久力との關係に可成りよく類似する傾向あるを認めた。

4) 酸化性ガス中で $1,200^{\circ}C$ に 10h 保熱し加熱に基くスケール化損失を測定したるに W を低減又は極減し Mo 量を置換添加した新高速度鋼代用材は高 W のものよりもスケール化が減少して居る傾向を示し實際熱處理時に之が心配の要なきことを明かにし得た。

5) 焼入鋼の焼戻溫度と硬度との關係を調査した結果一般に焼戻溫度 500° 及び $600^{\circ}C$ の硬度は高く標準型より W を夫々 4 及び 6% 低減した所謂 14-4-1 系及び 12-4-1 系の焼戻硬度は 18-4-1 系に略匹敵する。之より更に W 量を 8% に極減したる所謂 8-4-1 系の焼戻硬度も標準型に殆ど近く本系並に 4-4-1 系, 2-4-1 系及び 0-4-1 系に夫々 Mo を適量添加したものと並に 8-4-1 系に Co を添加したものの硬度は概ね標準型に匹敵する。 W を全然含有せず Cr 量を増加したる所謂 0-8-1 系及び 0-12-1 系の硬度は之より著しく小である。又 W を極減したものと及び W を全然含有しないものでは焼入溫度 $1,250^{\circ}C$ の焼戻硬度は之より焼入溫度の高い $1,300^{\circ}$ 又は $1,340^{\circ}C$ の焼戻硬度よりも一般に大なることを知り得た。

6) W 量を低減又は極減し爐中焼鈍したものの硬度は標準型より一般に低い。従つて W を低減又は極減した代用工具材は焼鈍状態で比較的容易に機械加工を行ひ得るか

らこの點實際作業上利點があることを本研究により知り得た。

7) W 量と焼入温度と硬度との關係を觀るに一般に 18-4-1 標準型竝に W を低減したものは焼入温度 1,300°C の硬度最高で 1,340° 及び 1,250°C のものは順次これに次ぎ稍低く W を極減したものは焼入温度 1,300°C の硬度最も大で、1,250°C の硬度之に次ぎ大で 1,340°C のものは之より稍低下する。又 W を全然含有しないものは焼入温度 1,250°C の硬度が最大で 1,300°C は之に次ぎ、1,340°C の硬度はかなり之より低下する傾向を示す。即ち一般に W 量の低減率の大なるもの程焼入温度の低きものが硬度大なる事實を本研究により確認した。

8) W を低減又は極減したものに多量の W の代りに少量の Mo 又は Co を以て置換したものの中には現在廣く使用せられ居る標準型高速度鋼に比較して概して價格低廉であるから實用上にも經濟的であり且切削力は之に劣らないものが可成り多く存在する事を本研究により確認し得た。

従つて本結果より高速度鋼の成分に對する舊來の觀念を一部訂正する必要があるとも謂ひ得る譯であつて、將來は成分のみでなしに切削能力その他の點からも高速度鋼を判斷檢討すべきものと考へられる。

9) 高速度鋼の性質に及ぼす爐裏付けの差異の影響を比較する爲鹽基性及び酸性の 18-4-1 標準型高速度鋼に就き硬度、顯微鏡及び切削實用試験の結果、酸性鋼は鹽基性鋼よりも成績良好なることを明かにし得た。

終りに臨み本研究は理博五百旗頭造兵少將閣下の御懇篤な御指導御鞭撻の下に行はれたものであつて終始多大の御教示を賜つたことに對し衷心より深く感謝の意を表するものである。又有益な御助言を下された西津製鋼實驗部長殿及び工博佐々川造兵大佐殿に厚く御禮申上ぐると共に實驗に助力した岡崎龍雄君の勞を多とするものである。

参 考 文 獻

- 1) 堀田秀次: 鐵と鋼 23 (昭. 12) No. 8 787~798
- 2) 堀田秀次: 鐵と鋼 27 (昭. 16) No. 6 373~404
- 3) Emmons, J. V.: Trans. A. S. S. T. 21 (1933) 193~232
- 4) Cone, F.: Iron Age Dec. 6 (1934) 32
- 5) Luerssen, G. V. u. C. V. Greene: Proc. Amer. Soc. Test. Mat. 33 (1933) 315/23
- 6) Scherer, R.: Stahl u. Eisen 55 (1935) 1001/05
- 7) Houdremont, E. u. H. Schrader: Stahl u. Eisen 25. Nov. 57 (1937) 1317/22
- 8) Scherer, R.: Stahl u. Eisen 2. Dez. 57 (1937) 1355/59
- 9) Rapatz, F., H. Pollack u. J. Ho'zberger: Stahl u. Eisen, 10. März 58 (1938) 265
- 10) Fizia, R.: Stahl u. Eisen Aug. 59 (1939)
- 11) Houdremont, F.: Einführung in die Sonderstahlkunde (Berlin: Jul. Springer 1935) 327
- 12) Wallichs, A.: Uebe. Drcharbeit u. Werkzeugstähle (Berlin: Jul. Springer 1908) 197
- 13) Hohage, R. u. A. Grützner: Krupp. Mbl. 6 (1925) Juni. 105/12.; Stahl u. Eisen 45 (1925) 1126/30
- 14) Schrader, H.: Techn. Mitt. Krupp 2 (1934) 136/42
- 15) Houdremont, E.: Chal. et. Ind. 15 (1934) 150/58
- 16) Oertel, W. u. F. Pölguter: Stahl u. Eisen 44 (1924) 1165/69
- 17) Becker, E.: DRP. ang. m.: Kl. 18d, Gr. 2/60, B10. 30
- 18) Scheil, E. u. K. Kiwit: Arch. Eisenhüttenwes. 9 (1935/36) 405/16
- 19) Minkevitch, H. A. & O. S. Ivonov: Metallurgie Dec. 1940, No. 134, 43~46
- 20) Techn. Mitt. Krupp 5 (1937) 153/173.
- 21) 武田: 工具材料, 實用金屬材料講座材料篇 10 卷 p. 58
- 22) Townsend: Trans. A. S. S. T. 2 (1921) 133
- 23) Scott: Trans. A. S. S. T. 1 (1921) 511~526
- 24) Carpenter: Jour. Iron & Steel Inst. 67 (1905) 433
- 25) Pölguter: Dissertation Aachen (1923)
- 26) 鈴木: 熔接バイト, 附高速度鋼の熱處理 (昭. 15 年 7 月)
- 27) Tour: Fuel & Furnace (1939) Sept.
- 28) Tour: Trans. A. S. S. T. 21 (1933) 269
- 29) Brophy & Harrington: Trans. A. S. S. T. 19 (1932) 385
- 30) Grossman: Stahl u. Eisen 43 (1923) 764
- 31) 錦織, 磐城: 電氣製鋼 12 (昭 11) 3 號 p. 137
- 32) Örzel: Werkstoffausschuss, Bericht 101 (1926) 4
- 33) Vorlesung, "Spezialstähle," an der Techn. Hochschule zu Aachen (1929)
- 34) Taylor, F. W.: Über Drcharbeit u. Werkzeugstähle Autorisierte deutsche Ausgabe von A. Wallichs (Berlin: Jul. Springer 1917) 208
- 35) Ehmecke: Kruppsche Monatshefte 11 (1930) 331; Arch. Eisenhüttenwes. 4 (1930) 233
- 36) Rapatz u. Kallen: Stahl u. Eisen 51 (1931) 1339
- 37) Dawihl, W.: Z. Metallk. 32 (19 0) 320~325
- 38) 大越: 理化學研究所彙報 12 (昭 8) 70
- 39) Sch'es'inger, G.: V. D. I. 76 (1932) 1281
- 40) 菊田, 小柴: 日本金屬學會誌 4 (昭 15) No. 7 203
- 41) 菊田, 小柴: 同上 4 (昭 15) No. 8 262
- 42) Nicolson, J. T.: Trans. A. S. M. E. 25 (1904) 637
- 43) 石田, 吉田: 機械學會誌 38 (昭 10) 797
- 44) 土井: 機械學會誌. 35 (昭 7) 1026
- 45) Paasche, J.: Maschinenbau der Betrieb 13 (1934) 149
- 46) Agte, C.: Werkst. Tech. 15 (1931) 373
- 47) Ripper, W.: Engineering 36 (1913) 737
- 48) 山本: 金研 11 (昭 9) No. 9
- 49) Stanton, T. E.: Eng. 119 (1925) 148
- 50) Boston, O. W.: Mech. Eng. 49 (1927) 139

- 61) Herbert, E. G.: Eng. 121 (1926) 270
 62) 關口: 工作機械
 63) Schallbroch, H.: Masch-Bau/Betrieb 18 (1939) 583
 64) Deak, F.: American Machinist, Dec. 13 (1939)
 65) Kenneford, A. S.: J. Inst. Metal 65 (1939) Adv. Copy, No. 849
 66) French & Digges: Inst. Amer. Soc. Mech. Engrs. MSP 52 (1930) 55.
 67) Wallich, A.: Masch-Bau. (1927) 997-1000
 68) Kronenberg, M.: Grundzüge der Zerspanungslehre (Berlin: J. Springer, 1927)
 69) Leyenselter, W.: Arch. Eisenhüttenwes. (1930/31) 41-44; Stahl u. Eisen 48 (1928) 975-976
 70) Klopstock: Berichte des Versuchsfeldes für Werkzeugmaschinen an der Technischen Hochschule, Berlin Heft 8, Die Untersuchung der Dreharbeit (1926)
 71) Sachsenberg: V. D. I. 71, (1927) Nr. 46, Nov. 1609
 72) Schulze: V.D.I. 74, (1930) Nr. 39 1609
 73) Marks: V. D. I. 74 (1930) Nr. 8. 243
 74) Salmon: Berichte über betriebswissenschaftliche Arbeiten. 4 (1930) 12
 75) Leyenselter: V. D. I. 77 (1933) Nr. 52 1736, or Maschinenbau 11 (1932) 503
 76) Kiebusch: Forschung auf dem Gebiete des Ingenieurwesens. Heft 360 (1933).
 77) 大越; 精密機械(昭. 9) 290
 78) Becker, E.: Stahl u. Eisen 60 (1940) 609
 79) Sonderstahlkunde, 329
 80) Gill: Trans. A. S. M. 24 (1936) 735
 81) Williams: Dit. 127 (1898) 410
 82) Carnot & Gautel: Cont. rend. 125 (1897) 213
 83) Westgren & Phragmen: Trans. A. I. M. M. E. Inst. Metals Div. (1931) 13; Trans. A. S. S. T. 13 (1928) 529
 84) Gregg: The Alloys of Iron & Tungsten, New York (1934) 287.
 85) Cohen, Koh: Trans. A. S. M. 27 (1939) 1015
 86) Oertel & Grützner; Die Schnelldrehähle, 25
 87) Gledhill; J. Iron Steel Inst. (1904) 1153
 88) Brown, M. P.: Metal Progress 36 (1939) 272
 89) "Steel," March-July (1934)
 90) Gill, J. P.: Metal Progress 26 (1934) 42
 91) Hülle: Die Grundzüge der Werkzeugmaschinen u. der Metallbearbeitung (1922)
 92) Machinery (1933) Sept.
 93) Hassenbruch, W.: Mitt. K.-W.-Inst. Eisenforsch. 13 (1931) 169~181

寄贈圖書紹介

化学機械協會編: 化学機械協會年報 第4卷(昭和15年度)昭和16年版。略B5判 約290頁 價6圓
 内容: 1. 研究報告 2. 進歩綜説 3. 化学工學に關する統計 4. 會務報告 5. 共同カタログ
 執筆者十數氏は何れも斯界の權威者。本書が良書なることは申す迄もない。一讀を奨むと共に御寄贈を深謝す。
證券引受會社協會編: 株式會社年鑑 昭和17年版 略A5判 1245頁 價8圓
 御寄贈を多謝すると共に會員各位の御利用を望む。

葛原義雄譯: 熔鑄爐の設計法 昭和16年 B6判 130頁 價16圓
 M. Pavloff 氏の名著の翻譯である。原書からは相當簡略されたものと思ふ。それだけ讀書には便利もあらう。譯者の御努力に敬意を表し、御寄贈に感謝の意を表すると共に各位の御一讀を奨める。猶當會には獨逸版 *Abmessung von Hoch- und Marshöfen* 及び *Revue de Metallurgie* よりの譯(鐵と鋼 27(昭16) 494, 600)が備付けあることを附記する。

日滿支石炭聯盟發行: 石炭常識講座 昭和17年新修 A5判 581頁 價25圓
 寄贈者日滿支石炭聯盟に於て昨年4月中旬より5月に亘る10日間「石炭常識講座」を開設し、斯道専門大家を聘し、石炭の資源、生産、經營、資材、勞務、配給、販賣、利用並に福利施設等炭業全般に亘る諸科目の講述を取纏め更に「東亞共榮圈に於ける石炭の需給並に交流」の一篇及び「最近世界の石炭需給に關する統計表」を追録し、別に「滿蒙華炭礦要覽圖」一葉を添附して上梓せられたものである。眞に結構な書物である、御寄贈に謝意を表す。

船舶試驗所篇: 船舶試驗所研究報告(第4號) 昭和16年 略B5判 178頁 價35圓
 頗る美本である。船舶界専門の記事の外本會と關係の深い鋼材に關する研究も數篇載つてゐる。それは新刊雜誌記載参考文献紹介欄で紹介することとする、御寄贈を多謝す。

謹告

近頃會誌が種々の支障にて遅延致しましたが極力回復を圖り4月號は5月末に、5月號は6月半に出來、6月號よりは常軌に復する見込ですから不惡御諒承下さい。