

# 高速度工具に関する研究 (IX)

(昭和 18 年 4 月本會講演大會にて講演)

堀 田 秀 次\*

## STUDY ON THE HIGH SPEED TOOLS (IX)

Hideji Hotta

Synopsis :— Following the 8th report, the effects of Ti, Zr, U, Mo, Cr and Mn on the hardness microscopic and cutting tests of the standard tungsten carbide series tools made by the special devised apparatus were investigated.

Moreover, the effects of the repeated tempering on the expansion, microscopic, cutting and hardness tests at room and high temperatures of the various high speed steels were investigated.

In general, the results of investigations showed that the repeated tempering at short time of the high speed steels were superior to the continuous tempering at long time.

### I. 緒 言

著者は高速度工具に関する研究として、既に種々の研究発表を行ひ<sup>1)2)</sup>、之が第 8 報<sup>3)</sup>として高速度鋼の火花による材質迅速鑑定法並に空化に関する研究等に就て述べたのであるが本第 9 報では主として、焼結工具に及ぼす各種元素の影響と高速度鋼及び代用材に及ぼす繰返焼戻の影響等に就て其の研究の経過並に成績の概要を記述する次第である。

### II. 研究の経過

#### 第 1 實驗 焼結工具に及ぼす各種元素の影響

タングステンカーバイド系焼結工具に及ぼす各種の特殊元素の影響に関する従來の研究は誠に尠く且つ斷片的に止まり系統的に研究せられたものは稀であるので、茲に標準型焼結工具の W の一部を他の數種の特殊元素で夫々置換したときの之等元素の影響を系統的に研究した。

#### (1) 試料の調製

第 1 表記載の配合成分に示す通り WC94.6%, Co5% より成る従來一般の所謂タングステンカーバイド系標準型焼結附刃工具の W の一部を, Ti, Zr, U, Mo, Cr 及び Mn 等の特殊元素を以て置換したものを, 焼結工具の製造法として曩に著者が考察した特殊試験装置を用ひ所謂直接法<sup>2)</sup> (炭化タングステンと金屬コバルト等の原料粉末を夫々一定の割合に混合したものを直に本特殊装置によつて高温度で壓縮と焼結とを同時に行ふ法で, 著者が假稱した。)により高温荷重 0.3kg/mm<sup>2</sup>, 焼結温度夫々 1400°, 1500° 及び 1600°C を以て試料約 1 個宛計 66 個調製した。尙強力切削に必要な高硬度のカーバイドを主として得る爲 W の一部に置換した之等の特殊元素は殆ど全部豫め其の炭化物として添加した。又 Cr 及び Mn は他の置換元素に比較し資源關係より可成り低廉であるから特に多量添加して其の影響を検することとした。

第 1 表 焼結工具に及ぼす各種元素の影響研究材の各試験成績例一括表

(總て、焼結温度 1600°C の場合のみ摘記す)

種 別	配 合 成 分 (%)										壓縮開始温度 (°C)	ロックウエルクスケル硬度	切削耐久時間 (3 回の平均) (分一秒)	標準型 1600°C のもの切削耐久時間を 100% とせる比率 (%)	切削速度 V <sub>60</sub> (米/分)	標準型 1600°C のもの V <sub>60</sub> 値を 100% とせる比率 (%)
	C	Co	W	Ti	Zr	U	Mo	Cr	Mn	Fe 其他						
標準型	5	5	89.6								830	65.2	15—20	100.0	23.5	100.0
Ti	"	"	88.6	1							800	65.8	23—30	185.8	26.3	111.9

\* 岡野バルブ製造株式會社大里工場, 熊本大學工學部・工博

の影響	//	//	86.5	3			.5	810	66.4	13-40	89.1	23.1	98.2
	//	//	84.3	5			.5	790	69.5	19-36	127.8	24.5	104.2
Zrの影響	//	//	88.6	1			.4	830	66.5	29-35	192.9	26.3	111.9
	//	//	86.5	3			.5	850	65.4	13-20	86.9	22.9	97.4
	//	//	84.4	5			.6	970	61.2	10-31	69.0	21.9	93.1
Uの影響	//	//	87.7	1			1.3	800	63.2	13-38	88.9	23.0	97.8
	//	//	83.7	3			3.3	790	61.8	12-55	84.2	22.7	96.5
	//	//	79.8	5			5.2	760	62.2	9-59	65.1	21.8	92.7
Moの影響	//	//	88.1		1		.9	710	69.0	40-29	264.0	28.0	119.1
	//	//	85.1		3		1.9	700	62.9	9-30	61.9	21.8	92.7
	//	//	82.1		5		2.9	710	63.0	11-50	77.1	22.3	94.8
Ti, Uの影響	//	//	85.1	1.5	1.5		1.9	800	61.5	13-50	90.2	23.1	98.2
Ti, Zrの影響	//	//	86.5	1.5	1.5		.5	800	63.8	14-20	93.4	23.2	98.7
Zr, Uの影響	//	//	85.1		1.5	1.5	1.9	820	63.0	13-10	85.8	23.0	97.8
Crの影響	//	//	84.6			5	.4	800	61.2	8-50	57.6	21.4	91.0
	//	//	79.5			10	.5	780	55.7	2-00	13.0	16.2	68.9
	//	//	69.5			20	.5	1,220	58.9	4-15	31.0	13.7	58.2
Mnの影響	//	//	84.4				5	940	60.9	10-08	66.0	21.7	92.3
	//	//	79.2				10	865	56.7	4-20	28.2	18.5	78.7
	//	//	68.8				20	1,070	58.8	8-35	55.9	21.2	90.2

(2) 硬度試験

焼結温度を夫々1400°, 1500° 及び 1600°C とした場合の各種焼結工具の硬度—焼結温度関係曲線は第1圖に示す通りで之を成分別に概記すれば次の通り。

標準型のWの一部を Zr 1% で置換したものは標準型より硬度高く、3%置換のものは略同等程度で 5% 置換のものは標準型より硬度が低い。

iii) U の影響

Wの一部をU夫々 1.3 及び 5% で置換したものの硬度は Zr の場合と略同様の傾向を示す。

iv) Mo の影響

Mo 1% 置換のものは標準型より硬度高く最大で、3% のもの之に次ぎ、5% のものは標準型と同程度である。

v) Ti 及び U }  
Ti 及び Zr } の2種元素の影響  
Zr 及び U }

Zr 及び U を置換したものは Ti 及び Zr を置換したもの又は Ti 及び U 置換のものよりも硬度が高いが之等2種元素

置換のものは標準型に比し硬度に大差が認められない。

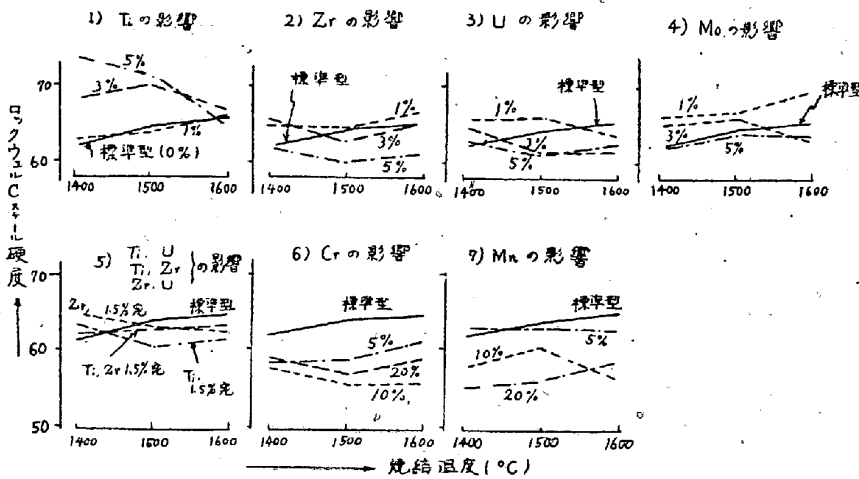
vi) Cr の影響

Cr 置換のものは標準型より硬度何れも低く、Cr 量 5%、10% 及び 20% と増加するに伴ひ却つ硬度を低下する。

vii) Mn の影響

Mn 5% 置換のものは標準型より稍低い硬度を示す。Mn 10% 及び 20% の如く其の量を増すに伴ひ却て硬度を低下する傾向がある。

(3) 著者の考案装置による高温圧縮量曲線と温度との



第1圖 焼結工具に及ぼす各種元素の影響  
研究材の硬度—焼結温度曲線

i) Ti の影響

焼結温度 1400° 及び 1500°C では WC 94.6%, Co. 5% なる標準型成分のWの一部を Ti 5% で置換したものの硬度は標準型より高く Ti 3% 置換のものは之に次ぎ Ti 1% 置換のものは標準型と同程度である。又焼結温度 1600°C では Ti 5%, 3% 置換のものも標準型と同程度の硬度である。

ii) Zr の影響

關係

試料の製法として前述の如く著者の特殊考案に係る壓縮量自動記録装置附の高温壓縮装置にて所謂直接法により高温壓縮中の試料の壓縮開始温度並に壓縮状況等が特殊元素により如何に影響するかを調査した。之が標準型燒結工具の温度對高温壓縮量曲線は第2圖(其1)の通で之に及ぼす各種元素の影響別の曲線は紙面の都合上省略することとした。

iv) Mo の影響

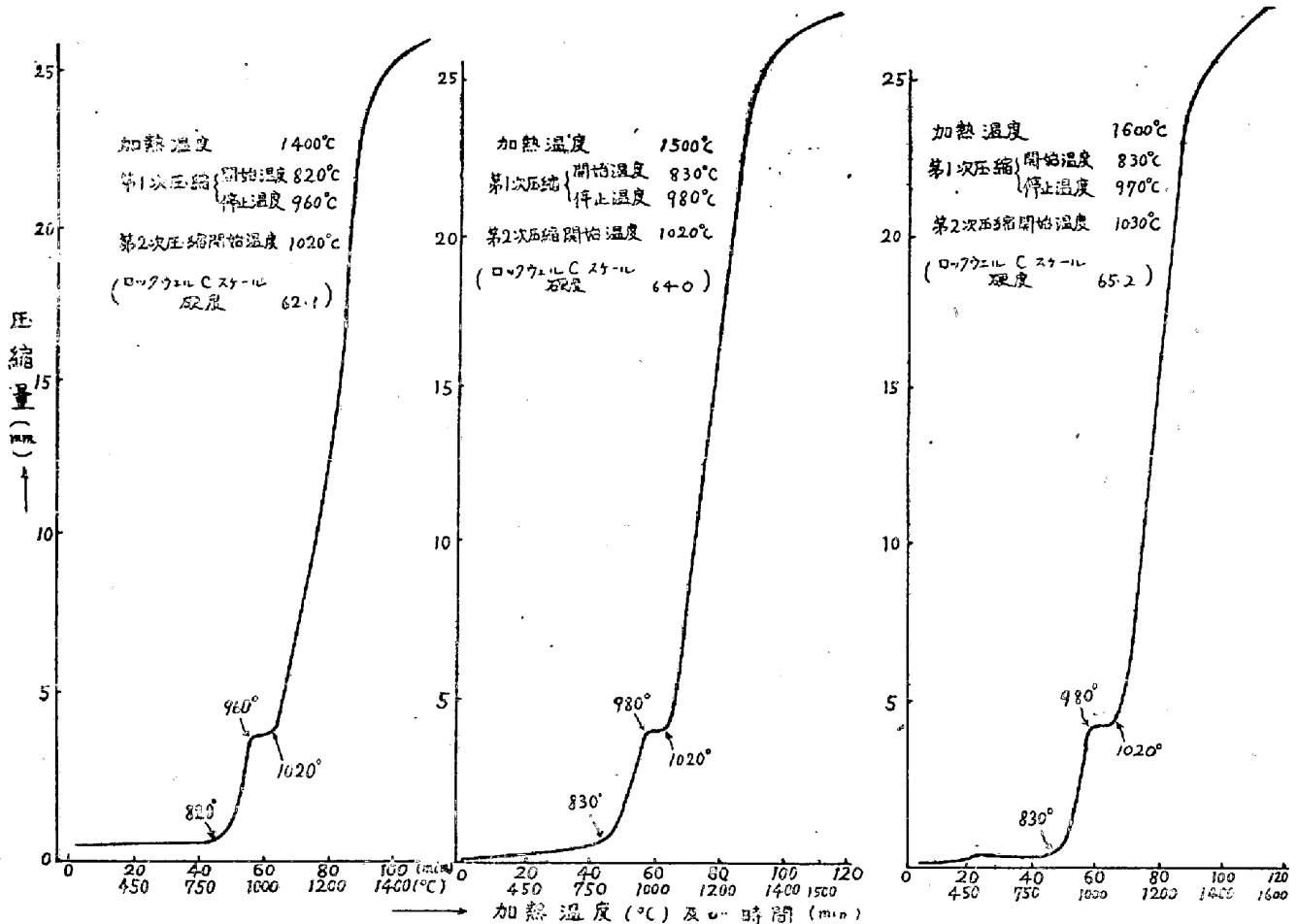
Mo も U と同様第1次並に第2次壓縮を呈するが其の壓縮開始温度を低下する。

v) Ti 及び U }  
Ti 及び Zr } の2種元素の影響  
Zr 及び U }

本成績は特異な變化を認めない。

vi) Cr の影響

Wの一部を Cr で置換したものの壓縮量は稍々小であ



第2圖(其の1) 著者の考案に係る燒結工具の高温壓縮自記装置による温度—高温壓縮量曲線(標準型 C 5, W 89.6, Co 5% 場合)

i) Ti の影響

標準型成分のWの一部を夫々 Ti 1, 3 及び 5% を以て置換したものの曲線は標準型に表れた様な第1次壓縮並に第2次壓縮(著者の命名した假稱)は表れない。

ii) Zr の影響

Zr を夫々 1, 3 及び 5% 置換したものの曲線は Ti の場合と略同様の傾向を示す。

iii) U の影響

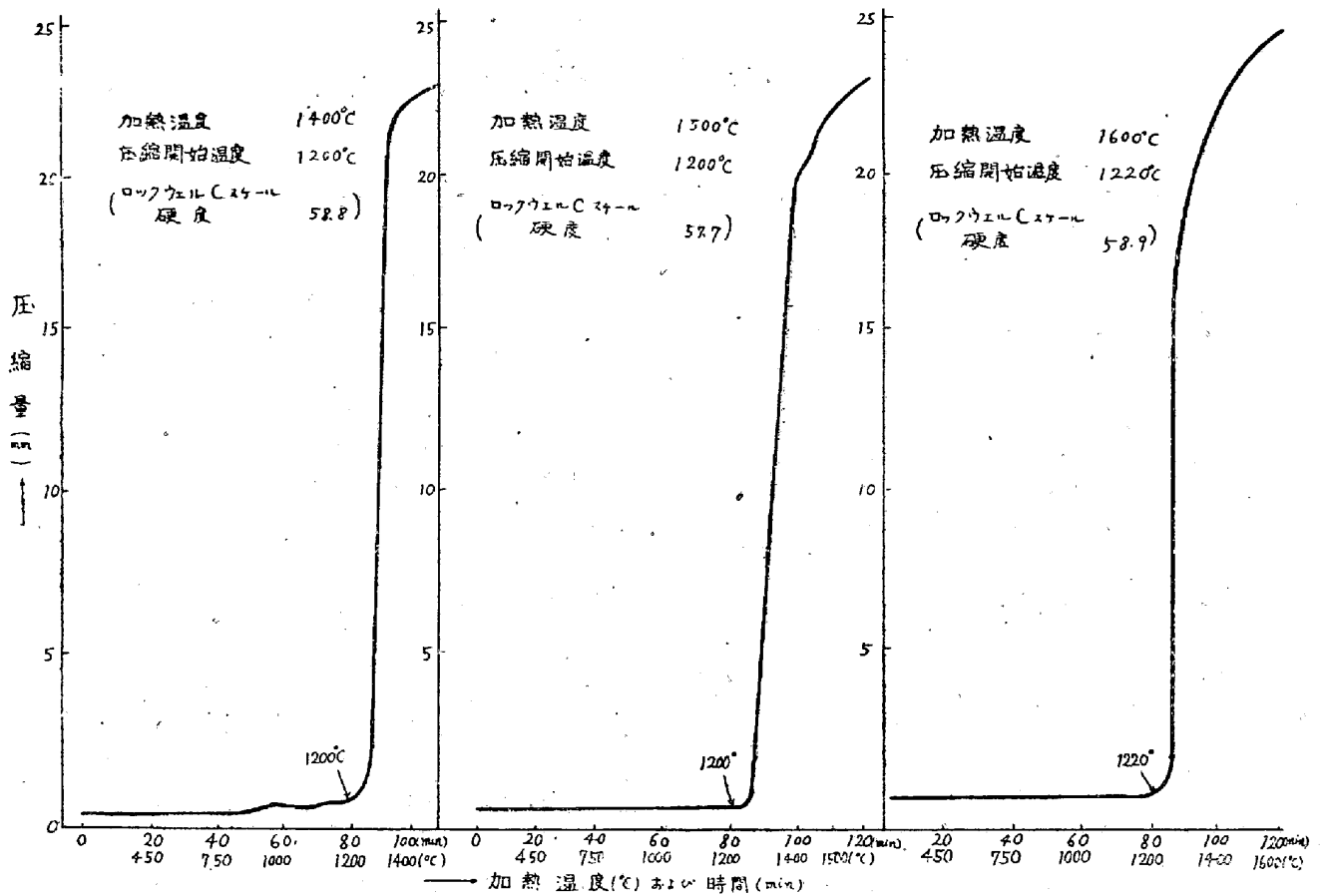
U 夫々 1, 3 及び 5% 置換したものの曲線は第1次並に第2次壓縮を示した。

Cr 5% 及び 10% 置換したものの壓縮開始温度は他の元素の場合と大差はないが 20% 置換のものは第2圖(其2)に示す如く約 400°C 高い。之は恐らく試料の燒結開始温度の高き爲なるべく壓縮開始速度急激である。Cr 置換の硬度低きは本曲線の如き異状を呈するものと考へられる。

vii) Mn の影響

Mn で置換したものは Cr 置換の場合と同様壓縮量少く従て硬度も低下するものと考へられる。

(4) 切削實用試験



第2圖(其の2) 著者の考案に係る焼結工具の高温圧縮自記装置による温度—  
高温圧縮量曲線 (C 5, W 69.5, Co 5, Cr 20% の場合)

チップの寸法 12×12×25mm のものを著者の所謂直接法で製造しチップホルダーで之を保持し、次の要領で旋削實用試験を行つた。

- 被削材料……高張力 Ni-Cr-Mo 鋼管 (中削したもの)
- 切削條件……速度 30m/m; 切込 2mm; 送り 1mm
- 試験回数……各 3 回宛

VT<sup>n</sup>=C なる Taylor 氏の一般式に従ひ、従來の試験結果に徴して、 $n = \frac{1}{5.8}$  と推定して作製した切削速

一度切削耐久時間曲線 (紙面の都合上省略) を求めたが之が成績の概要を述べれば次の通り。

i) Ti の影響

Wの一部を Ti で置換したものは最良の切削力を有してをる。即ち Ti 5% 置換のもの最良で 3%, 1% 之に次ぎ標準型より切削力大である。

ii) Zr の影響

Zr 置換のものは標準型より切削力良好で、Zr 1% 置換のもの最良で 3%, 5% 之に次ぐ。

iii) U の影響

Zr 置換の場合と略々類似の傾向を示す。

iv) Mo の影響

Mo 置換のものは各元素中 Ti に次ぎ切削力良好で、Mo 1% 置換 1600°C 焼結のもの特に良好である。Mo 5% 置換のものは焼結温度 1500°C のとき標準型より切削力大で他は之より劣る。

v) Ti 及び U }  
Ti 及び Zr } の 2 種元素の影響  
Zr 及び U }

之等各 2 種元素の影響は各個單獨に置換の場合よりも切削力劣るが Zr 及び U<sup>2</sup> 種元素で W の一部を置換し 1400°C 焼結のものは可成りの成績を示す。

vi) Cr の影響

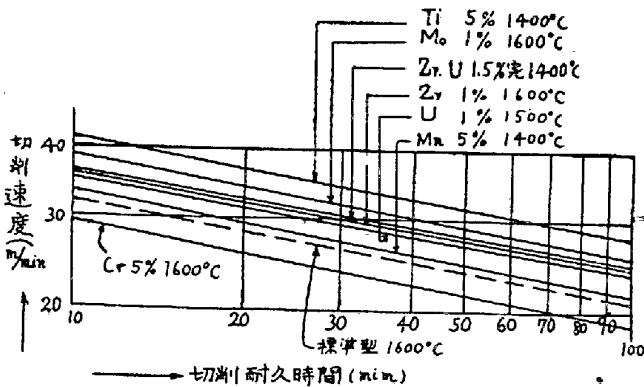
Cr 夫々 5, 10 及び 20% 置換したものは何れも標準型より切削劣る。

vii) Mn の影響

Mn 5% 置換 1400°C 焼結のものは標準型より稍々良成績を示すが、10% 及び 20% 置換のものは之より劣る。

第3圖は上述の各種元素に就き最良の切削力を有するものゝ切削速度—耐久時間曲線の比較を示したもので、

標準型に比較し Ti 5%, 焼結温度 1400°C のもの切削力最良で, Mo 1%, 1600°C 焼結のもの之に次ぎ良成績を示した。



第3圖 焼結工具に及ぼす各種元素の影響  
研究材の切削速度—切削耐久時間曲線  
(各種元素の内切削力最優秀のものゝみにに就ての比較を示す)

(5) 顯微鏡試験

各種元素による焼結工具の顯微鏡組織を觀るに一般に何れもカーバイドが析出してをるものが多い。

第2實驗 高速度鋼及び代用材に及ぼす繰返し焼戻の影響

焼入した高速度鋼を繰返し焼戻を行ふ場合切削力を増加することに就て従來研究發表せられたものがあるが<sup>9) 12)</sup>本研究に於ては之が影響に就て研究した。

(1) 試料の調製

著者は第2表記載の分析成分を有する各 50kg 鋼塊 6種即ち 18-4-1 標準型 8-4-1 系, 之に Mo 夫々 1%, 3%, Co 夫々 3%, 5% 添加した高速度鋼及び之が代用材料を鍛延し試料とした。

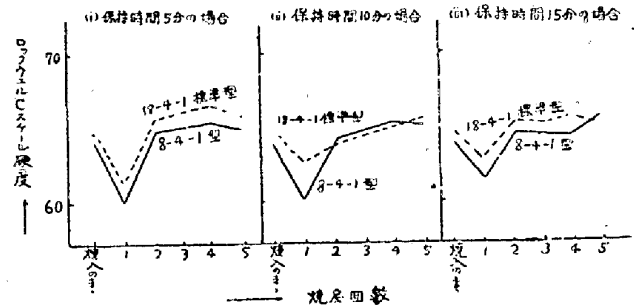
(2) 繰返し焼戻要領

試験片は何れも 1300°C 焼入後焼戻温度 550°C に於て焼戻保持時間を夫々 5 分, 10 分, 15 分にして焼戻回数を各 5 回宛繰返したの即ち繰返し焼戻による保持合計時間夫々 25 分, 50 分及び 75 分としたものと, 焼戻温度 550°C で連続保持時間各 25 分, 50 分及び 75 分

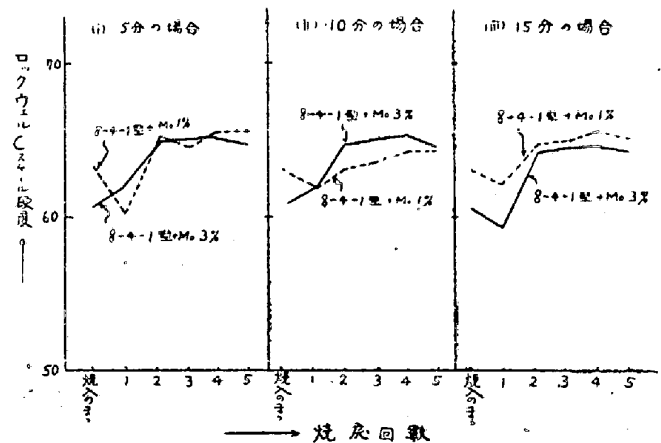
のときとを計 19 本熱處理した。

(3) 硬度試験

寸法 15×15×15mm なる硬度試験片を 1300°C 焼入後焼戻温度 550°C で短時間繰返焼戻したものと長時間連続焼戻したものとに就てロツクウェル C スケール硬度を測定したが其の硬度と焼戻回数曲線は第4圖に示す。



第4圖(其の1) 高速度鋼に及ぼす繰返し焼戻の影響 研究材の硬度—焼戻回数曲線  
(焼戻温度 550°C) (18-4-1 標準型)(8-4-1 型)

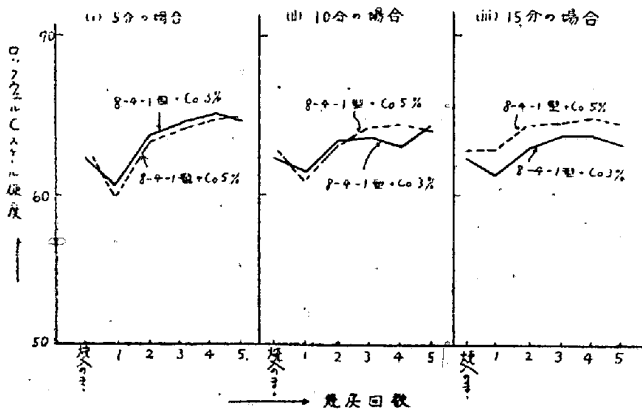


第4圖(其の2) 高速度鋼に及ぼす繰返し焼戻の影響 研究材の硬度—焼戻回数曲線 (焼戻温度 550°C)  
(8-4-1型+Mo 1%) (8-4-1型+Mo 3%)

一般に第1回目の焼戻に於ては何れも焼入の儘よりも硬度著しく低下し, 2回, 3回で耐々上昇し, 4回で最高値に達し5回にては之より稍々低下の傾向がある。又焼戻時間の硬度に及ぼす影響は顯著でない。

第2表 高速度鋼及び代用材に及ぼす繰返し焼戻影響研究材の分析成分 (%)

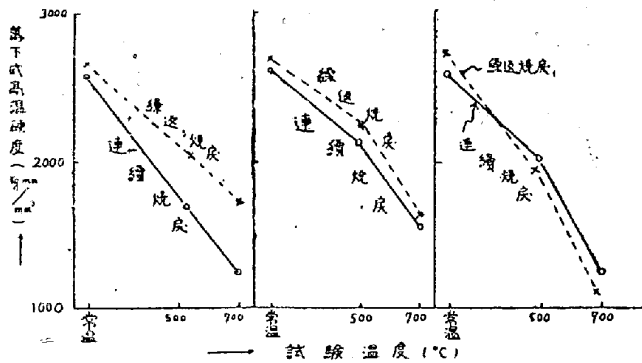
類 別	分 析 成 分 (%)									
	C	Si	Mn	P	S	Cr	V	W	Mo	Co
18-4-1 標準型	·80	·15	·20	·023	·018	3·99	·96	17·73	—	—
8-4-1 型	·80	·15	·15	·017	·018	3·81	·86	7·85	—	—
〃 + Mo1	·79	·38	·17	·011	·016	3·67	·97	7·20	·67	—
〃 + Mo3	·80	·41	·15	·016	·025	3·66	·89	7·70	2·84	—
〃 + Co 3	·80	·41	·13	·011	·014	3·85	·94	7·72	—	2·89
〃 + Co 5	·80	·36	·22	·016	·019	3·96	·98	7·67	—	4·65



第4圖(其の3) 高速度鋼に及ぼす繰返し焼戻の影響  
研究材の硬度—焼戻回数曲線 (焼戻温度 550°C)  
(8-4-1型+Co3%) (8-4-1型+Co5%)

(4) 高温硬度試験

短時間繰返し焼戻と長時間連続焼戻の常温 500° 及び 700°C の各試験温度の落下式高温硬度<sup>1)</sup>を實測した結果は第5圖に例示の通で、一般に標準型及び 8-4-1 系に Mo3% 添加のものでは繰返し焼戻の方連続焼戻よりも硬度が高い。



第5圖 高速度鋼に及ぼす繰返し焼戻の影響  
研究材の落下式高温硬度—温度曲線  
(18-4-1 標準型)

(5) 切削實用試験

寸法 25×25×200mm の芋型ムクバイトにつき次の要領で切削實用試験を行つた。

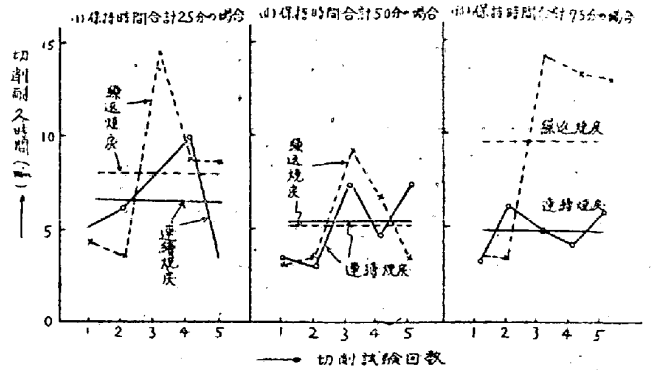
切削條件……速度 12m/mim; 切込 2.5mm;  
送り 1mm

被削材料……材質. 低 Ni-Cr-Mn-Mo 鋼管  
寸法. 外径 460mm; 長さ 1.7m  
機械的性質. 抗張力 117kg/mm<sup>2</sup>;  
伸 16%; プリネル硬度 350;  
アイゾット衝撃値 29ft-lbs

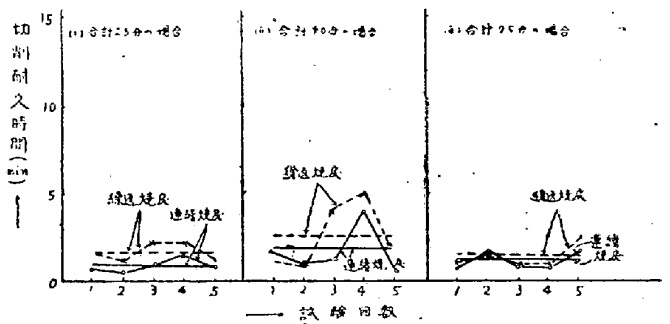
使用旋盤……心高 450mm; 床長 8m; 15HP電動機  
直結型

之が切削耐久時間—試験回数曲線は第6圖の通りにし

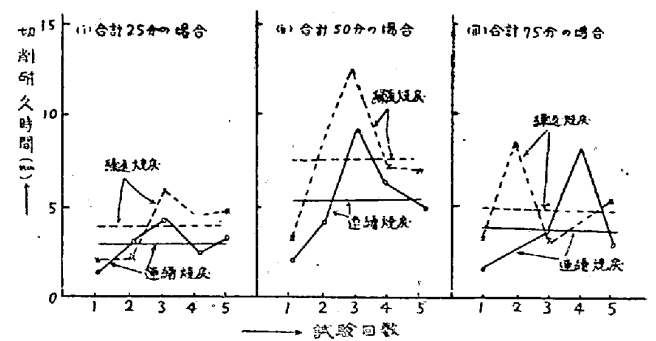
て例外の場合には稀にあるが、一般に繰返し焼戻したものは連続焼戻のものよりも切削能力大である。



第6圖(其の1) 高速度鋼に及ぼす繰返し焼戻の影響  
研究材の切削耐久時間—試験回数曲線  
(18-4-1 標準型) 被削材; 特殊低 Ni-Cr-Mn-Mo 鋼)



第6圖(其の2) 高速度鋼に及ぼす繰返し焼戻の影響  
研究材の切削耐久時間—試験回数曲線  
(8-4-1 型) 被削材 無 Ni-Mn-Cr 鋼

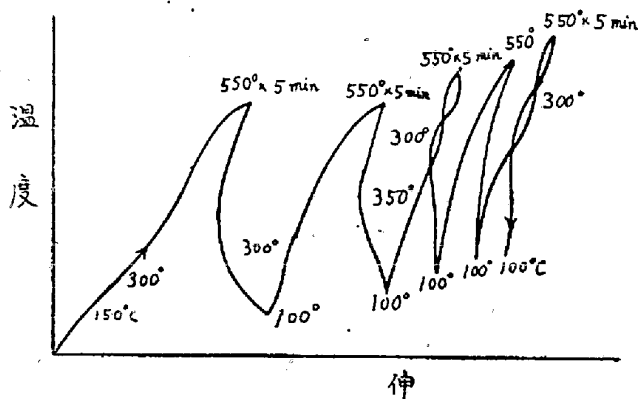


第6圖(其の3) 高速度鋼に及ぼす繰返し焼戻の影響  
研究材の切削耐久時間—試験回数曲線  
(8-4-1型+Mo1%) 被削材無 Ni-Si-Mn-Cr 鋼

(6) 繰返し焼戻が連続焼戻よりも硬度等高い理論的説明  
(熱膨脹及顯微鏡試験)

上述の如く短時間に繰返し焼戻を施したものが長時間連続焼戻したものよりも硬度並に切削耐久力等の優れを有する理由を明かならしむる爲、宇野式示差熱膨脹試験機を使用し 550°C にて5回繰返し焼戻を行ひ其の際の熱膨脹曲線を測定した。之が成績は第7圖の通で、冷却時に於てオーステナイト→マルテンサイトの變態が現れ、特に繰

返回数3回位が異状變化を來す。更に顯微鏡組織上から之を考察すれば、長時間加熱では冷却時の變態に於て多量の炭化物を析出せんとする準備が進み、冷却時變態によつて析出せんとする炭化物の粒の大き大きく、不均一な分布状態となるが、短時間繰返焼戻では一時に析出される炭化物の量が少く、且つ粒子の大き小さく分布一樣となり、一層多量の炭化物を析出することとなり繰返焼戻のときは連続焼戻のときよりも硬度等高さものと考へられる。即ち繰返焼戻のものが連続焼戻よりも硬度等の高い理由は、焼戻温度 550°C で短時間保持せられ且つ加熱冷却が急速に行はれる結果、冷却時の變態が數回行はれ従て析出する炭化物及び針狀マルテンサイトが微細で且つ均齊となる爲等によるものと考へられる。



第7圖 高速度鋼に及ぼす繰返し焼戻の影響  
研究材の宇野氏式示差熱膨脹曲線  
(18-4-1 標準型)  
(550°C, 5分保熱繰返し5回焼戻の場合)

### III. 總括

上述の諸研究結果を總括すれば次の通である。

(1) タングステン、カーバイド系焼結工具の W の一部を Ti, Zr, U, Mo, Cr 及び Mn 等の特殊元素の 1 種又は 2 種を以て置換配合したものを焼結工具の製造法として、曩に著者が考案した特殊装置を用ひ著者の所謂直接法で試料を調製試験した結果は第 1 表に示す通り一般に Ti 5% 置換のもの最良の成績を示し、Mo 1% 置換のもの之に次ぎ、Zr 及び U 各 1% を單獨に置換したのもも標準型に優つてをる。Mn 5% 置換 1400°C 焼結

のものも標準型に匹敵する成績を示すが、Cr 置換のものは標準型より劣る。

(2) 著者の考案による特殊装置にて高温壓縮量對溫度關係曲線を求めたるに Cr 及び Mn を以て W の一部を置換したものは其の壓縮量一般に小で且つ壓縮開始溫度高く壓縮速度稍々急激で、他の特殊元素の場合と其の趣を稍々異にする。

(3) 短時間繰返焼戻した高速度鋼及び代用材料は從來各所で一般に行はれをる長時間連続焼戻のものよりも一般に硬度高く切削耐久力大である。之は短時間繰返焼戻により析出する炭化物及び針狀マルテンサイトが微細にして且つ均齊となる爲に因るものなることを熱膨脹及び顯微鏡試験等より理論的に説明考察を加へた。

終りに臨み本研究は九大工學部教授谷村淵博士の御懇篤なる御鞭撻によるものにして茲に深謝の意を表するのである。  
(昭和 24 年 8 月寄稿)

### 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) 堀田秀次：鐵と鋼，28 (昭.17) No. 4, 403~443.
- 4) 堀田秀次：鐵と鋼，32 (昭.21) No. 1~3) 10~11.
- 5) 堀田秀次：鐵と鋼，33 (昭.22) No. 4~6) 21~23.
- 6) 堀田秀次：鐵と鋼，35 (昭.24) No. 2, 49~54.
- 7) 堀田秀次：鐵と鋼，35 (昭.24) No. 5, 9~13.
- 8) 堀田秀次：昭和 17 年 10 月鐵鋼協會秋季講演大會講演，
- 9) Susolve : Metal Progress, 29 (1936), 72
- 10) Rowe : Metal Progress, 31 (1937). 416
- 11) 小柴：日本金屬學會誌 5 (昭.16) No. 9, 351
- 12) 伊丹，三浦：鐵と鋼，24 (1938), 261.