

す影響並に顕微鏡組織を観測した。

(3) 最も相当な組成として次の如きものを提案した。

C 0.3~0.4%, Si 1.5~2.5%, Mn 1.5~2.5%, Ni  
15~20%, Cr 20%

(4) 溶体化処理温度は 1200~1250°C, 時効温度は  
700~750°C, 時効時間は 6~12 時間が適当である。

(5) 尚これらの結果は実地機械試験特にグリーブ試験  
によつて確認したいと思つて現在実験中である。

(昭和 28 年 5 月寄稿)

文 献

1) 山口, ニッケル合金鋼の性質及用途 (昭和 19)

## 高速度工具に関する研究 (XV)

(昭和 27 年 11 月本會講演大會にて講演)

堀 田 秀 次\*・立 川 逸 郎\*\*

### STUDY ON HIGH SPEED TOOLS (XV)

*Hideji Hotta, Dr. Eng. and Itsuro Tatsukawa*

#### Synopsis

The effect of austempering on the subsequent tempering behavior in a high speed steel containing 0.65% C, 15.92% W, 4.30% Cr, 0.76% V and 2.64% Co was investigated by means of the microscopic examination and the hardness test.

In the austempering, each specimen was quenched into a hot salt bath of a given temperature between 200°C and 600°C from the austenitizing temperature of 1300°C or 1330°C, soaked there for a given period less than 5 hours, and then cooled in atmosphere.

The results obtained were summarized as follows:

(1) The isothermal transformation of austenite did not occur in any austempering except at the temperature range between about 250°C and 350°C, where acicular lower-bainite was formed.

(2) In general, those following austempering had different influence on the change in hardness by the subsequent tempering from the normal oil-quenching;

(i) After austempering at 600°C, the initial softening on tempering at 300~400°C scarcely occurred, while it was a common phenomenon after oil-quenching.

(ii) After austempering at the bainite range, which decreased the hardness at room temperature, a large amount of secondary hardening took place and consequently the maximum tempering hardness became the same with that after oil-quenching.

#### I. 緒 言

著者等の内の一人(堀田)は高速度工具に関する各種の研究を行い、その試験経過と成果を既に第1報~第14報<sup>1)~14)</sup>として本誌に発表したのであるが、本報告では之に引続き主として高速度鋼の熱浴焼入に関して行った研究結果について述べることにする。

鋼の熱浴焼入が焼割や焼歪の防止に有効であることは一般に認められ、又高速度鋼の熱浴焼入及びその後の焼

戻に於ける諸性質の変化或は内部変化の業相等に就いては従来研究結果<sup>14)~21)</sup>の発表されたものがあるが、未だ充分解明されていない点が少ない。よつて本研究に於いては實際的応用の立場から熱浴焼入に於ける焼入温度或は恒温熱浴処理の温度や保持時間等と組織、硬度及び焼戻性との関係を明かにせんとして、第3種高速度鋼に就

\* 熊本大學工學部冶金學教室 工 博

\*\* 熊本大學工學部機械工學教室

き種々の熱浴焼入並びに焼戻による組織と硬度の変化を求め、普通油焼入・焼戻のものと比較検討した。

## II. 試料

実際に使用した試料の化学組成は次の通りで JIS の SKH3 に相当するものである。

C	Si	Mn	P	S
0.65%	0.29%	0.33%	0.012%	0.020%
W	Cr	V	Co	Cu
15.92%	4.30%	0.76%	2.64%	0.05%

検鏡並びに硬度測定用として 19mmφ 圧延丸棒から火造、旋削により 11mmφ×18mm 丸棒に仕上げて用いた。

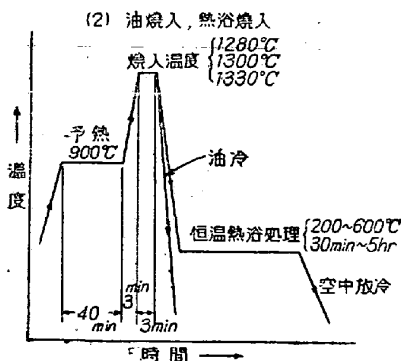
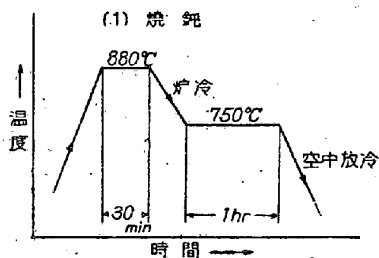
尚試料の変態点を本多式全熱膨脹計によつて測定した結果  $Ac_{1-7}$  変態の温度区間は 840~870°C である。

## III. 熱処理方法

熱処理の加熱には Tammann 炉、ニクロム線或はシリコエツト発熱体の電気炉を用いた。

### (1) 焼鈍

各焼入前の焼鈍は大 1 図 (i) の熱処理曲線に示す様に 880°C で 30 分間加熱後 750°C 迄炉冷しこの温度に 1 時間保持後空中放冷した。その結果組織は sorbitic の素地を有し硬度は Rc 42~44 である。



第 1 図 焼鈍、焼入の熱処理曲線。

### (2) 油焼入及び熱浴焼入

熱処理曲線を第 1 図 (ii) に示す。焼入加熱にはすべて Tammann 炉 (Tammann 管の寸法: 30mmφ×250mm) を使用し試料は 1 箇所加熱した。900°C で 40 分間予熱後急速加熱して約 3 分間にて所定の焼入温度に達せしめ、この温度に 3 分間保持後油又は恒温熱浴に投入した。熱浴には主として  $KNO_3$ ,  $NaNO_3$ ,  $NaNO_2$ ,  $KNO_2$  等の塩浴を用いた。

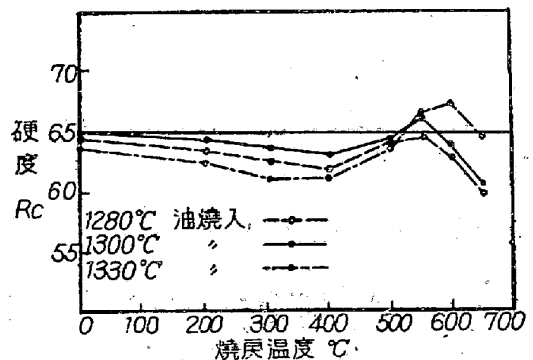
### (3) 焼戻

焼戻はすべて所定の温度の塩浴中に 30 分間浸漬した後引上げて空中放冷した。尚単一焼戻の他に普通又は段階的の繰返焼戻を適宜行つた。

## IV. 研究経過並びに結果

### (1) 油焼入・焼戻

熱浴焼入後の焼戻硬度と比較の為に 1280°C, 1300°C 及び 1330°C より夫々油焼入せるものゝ焼戻硬度曲線を求めた。結果を第 2 図に示す。焼入温度の高い程二次硬化の量が多く又焼戻による最高硬度値も高いが、1330°C 焼入のものでは austenite 粒の成長が著しく過熱組織に近い。



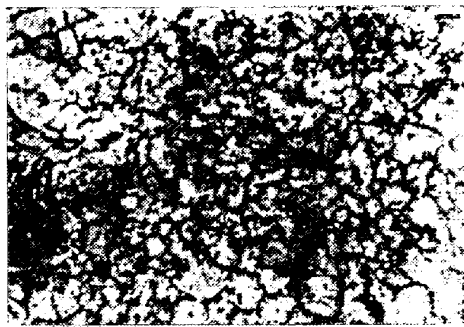
第 2 図 油焼入後の焼戻硬度曲線。

### (2) 熱浴焼入後の硬度と組織

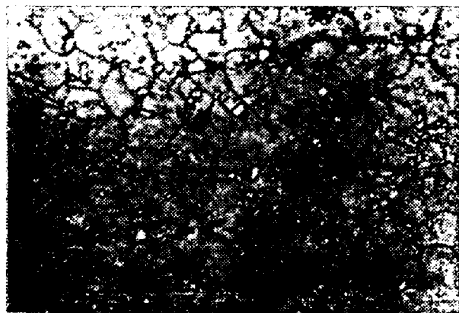
焼入温度を 1300°C、熱浴の温度を 200~600°C、保持時間を 30 分間~5 時間として種々の熱浴焼入したものの硬度と組織を調べた。

その結果 250~300°C に於ける中間段階以外には austenite の恒温変態は認められず、その顕微鏡組織は写真 No. 1, 2, 3 に示す様にいづれも普通の焼入組織に近く martensite (残留 austenite を含む) の素地に複炭化物が散在するが、600°C 熱浴処理のものは他のものに比べて etch され易い傾向がある。硬度はいづれも油焼入と略々同様の値を示し、熱浴の温度或は保持時間の差異による系統的な変化は見られない。尚本熱処理条件に於ける  $M_s$  点は判然しないが 200°C の場合も時間

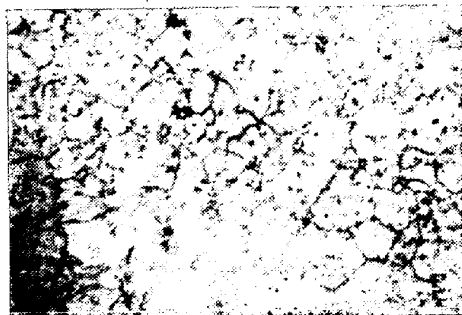
による組織並に硬度的変化は認められない。



寫眞 No.1 1300°C→600°C 1hr→油冷  
Rc 64.0 (×500) 硝酸液腐蝕

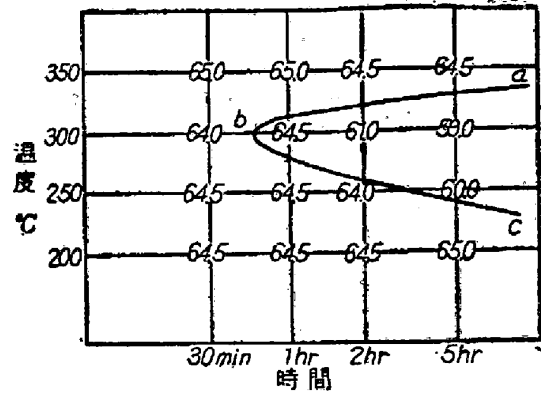


寫眞 No.2 1300°C→500°C 1hr→油冷  
Rc 64.0 (×500) 硝酸液腐蝕



寫眞 No.3 1300°C→400°C 1hr→油冷  
Rc 64.0 (×500) 硝酸液腐蝕

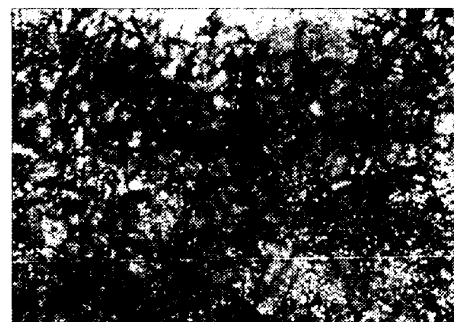
(1/3縮寫以下同じ)



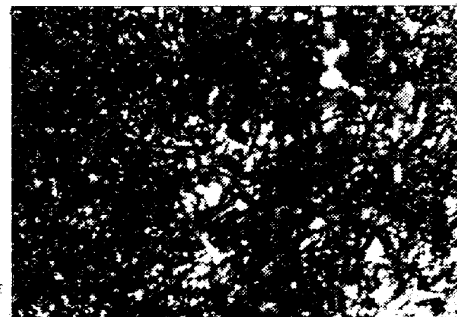
第3圖 中間段階の恒温變態圖  
(圖中の數字は常温硬度 Rc を示す)



寫眞 No.4 1300°C→300°C 1hr→油冷  
Rc 64.0 (×500) 硝酸液腐蝕



寫眞 No.5 1300°C→300°C 2hr→油冷  
Rc 61.0 (×500) 硝酸液腐蝕



寫眞 No.6 1300°C→300°C 5hr→油冷  
Rc 59.0 (×500) 硝酸液腐蝕

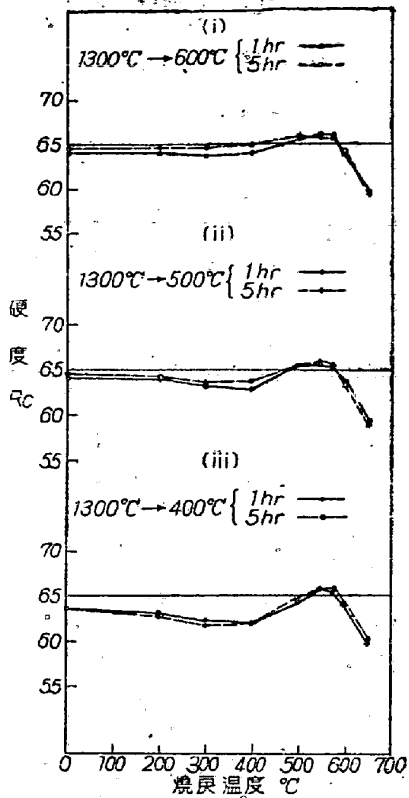
250°C 及び 300°C では lower-bainite が現れて中間段階のC曲線が画かれる。第3圖は硬度と組織から求めた中間段階の恒温變態圖で圖中の數字は常温に於ける硬度を、曲線 abc は變態開始線を夫々示す。即ち 300°C では1時間以上で黑色針状の lower-bainite が現れ時間と共に多くなり硬度も低下するが、5時間でも變態は完了しない。寫眞 No.4, 5, 6 は lower-bainite の発生経過を示すが、発生当初は不均一に析出する傾向が見られる。

(3) 熱浴焼入後の焼戻硬度

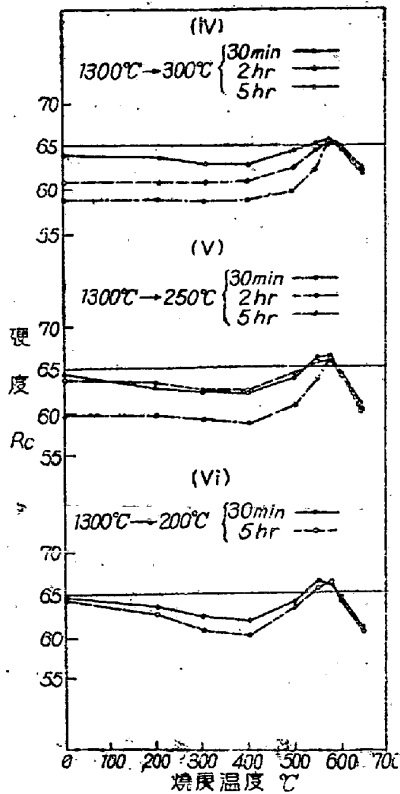
熱浴焼入に於ける熱浴の温度や保持時間がその後の焼戻硬度に与える影響を次の実験によつて検討した。

(1) 焼入温度を 1300°C とし、200°~600°C で 30 分間~5時間恒温熱浴せるものを 200°C から 650°C 迄

順次段階的に繰返焼戻して各焼戻の都度硬度測定並びに檢鏡をなした。その結果の主な硬度曲線を第4圖に示す。



第4圖の1 熱浴焼入後の焼戻硬度曲線  
焼入温度 1300°C

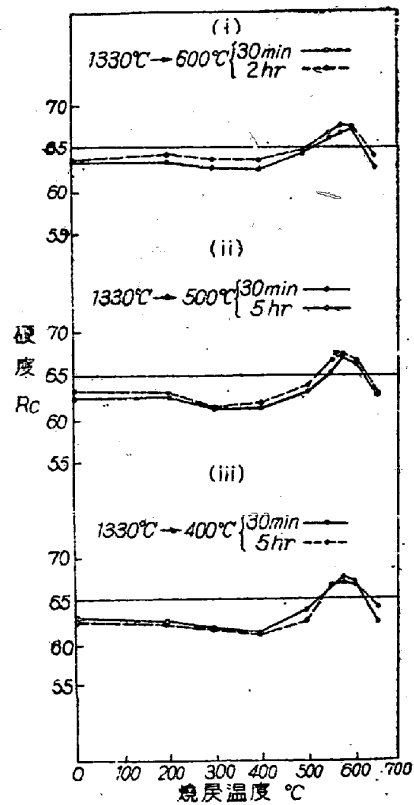


第4圖の2 熱浴焼入後の焼戻硬度曲線  
焼入温度 1300°C

は、比較的低温 (500°C 以下) で熱浴焼入せるものは油焼入のものと同様に一次軟化及び二次硬化を有する硬度曲線を示すが、600°C 熱浴焼入のものは図の (i) に示される様に一次軟化が少く、却つて硬化の傾向を示すものもあり、したがつて見かけの二次硬化量が少くなる。但し最高焼戻硬度はいづれも 550°~575°C で得られ、それらの硬度値も焼入加熱の条件が同一ならば油焼入・焼戻のものと略々同じである。本実験の範囲内では熱浴保持時間の影響は温度程著しくないが 600°C では時間の長い程一次軟化が少くなる傾向が見られる。

熱浴焼入で lower-bainite を発生せるものを焼戻すと図の (iv)・(v) に示す如く一次軟化が殆ど見られず、且 lower-bainite の多少に関せずいづれも著しい二次硬化を示し、最高硬度は他の焼入焼戻のものと同じになるが、lower-bainite が多いと 550°C でも二次硬化が不充分で 575°C で最高値が得られる。尙 lower-bainite の針状晶は 500°C 焼戻後尙顕微鏡で識別できるが、夫以上の温度では素地との区別が判別し難くなる。

(ii) 焼入温度 1330°C から 400°~600°C で熱浴焼入せるもの、焼戻硬度曲線を第5図に示す。この場合も 600°C 熱浴焼入のもので一次軟化の少いことが認められる。



第5圖 熱浴焼入後の焼戻硬度曲線  
焼入温度 1330°C

熱浴焼入で lower-bainite を発生せるものを除いて

第1表 熱浴焼入後の焼戻硬度 (階段焼戻)

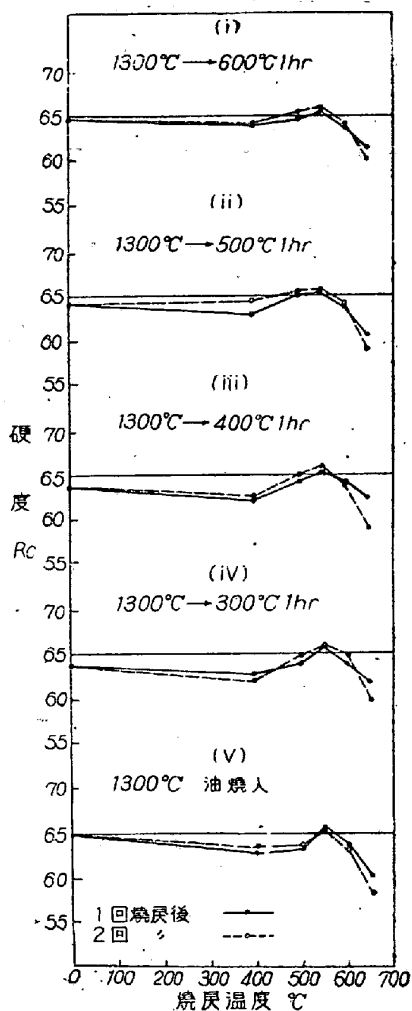
焼入加 熱温度	恒温熱浴處理		顯微鏡 組織	硬 度 Rc	燒 戻 硬 度 Rc							
	温 度	保持時間			200°C	300°C	400°C	500°C	550°C	575°C	600°C	650°C
1300°C	600°C	5hr	Q-S*	64.5	64.5	64.5	65.0	66.0	66.0	65.5	64.5	58.0
"	500°	5hr	"	64.5	64.0	63.5	63.5	65.5	66.0	65.5	63.5	58.5
"	400°	5hr	"	64.0	63.0	62.0	62.5	65.0	66.0	66.0	64.0	60.5
"	300°	0.5hr	"	64.0	63.5	63.0	63.0	64.5	65.0	65.5	64.5	62.0
"	"	2hr	l-B**	61.0	61.0	60.5	61.0	62.5	64.5	65.5	64.5	62.0
"	"	5hr	l-B	59.9	59.0	59.0	59.0	60.0	62.5	65.5	64.5	62.5
"	250°	0.5hr	Q-S	64.5	63.0	62.0	62.0	64.0	66.5	66.2	64.4	60.5
"	"	2hr	"	64.0	63.5	62.5	62.5	64.5	66.0	66.0	65.0	60.5
"	"	5hr	l-B	60.0	60.0	59.5	59.0	61.0	64.0	66.3	64.1	60.5
"	200°	5hr	Q-S	65.0	63.0	61.0	60.5	64.0	66.1	66.5	64.4	60.5
"	油焼入		"	65.0	64.5	63.5	63.0	64.5	66.0	65.5	64.0	60.0
1330°C	600°	2hr	"	63.5	64.0	63.5	63.5	64.5	66.5	67.0	67.0	64.0
"	500°	2hr	"	62.5	61.5	60.5	60.5	63.0	66.5	67.0	66.0	63.0
"	400°	2hr	"	63.0	63.0	61.5	61.5	63.0	66.5	67.0	66.0	63.0
"	油焼入	2hr	"	63.5	62.5	61.0	61.0	64.5	66.0	67.5	67.0	65.0

註: \* Q-S 普通焼入組織又はそれに近い組織 \*\* l-B は lower-Bainite の折出せる組織

第2表 熱浴焼入後の焼戻硬度 (普通線返焼戻)

焼入加 熱温度	恒温熱浴處理	硬 度 Rc	燒 戻 温 度	燒 戻 硬 度 Rc		
				1 回	2 回	3 回
1300°C	600°C 1hr	64.5	400°C	64.0	64.0	64.0
			500°	64.5	65.0	65.5
			550°	65.5	66.0	66.6
			600°	64.0	64.5	64.0
			650°	61.0	60.0	59.0
"	500°C 1hr	64.0	400°	63.0	63.5	64.5
			500°	65.0	65.0	65.5
			550°	65.5	66.0	65.5
			600°	64.0	64.0	64.0
			650°	60.5	60.5	59.0
"	400° 1hr	64.0	400°	62.0	62.0	62.5
			500°	64.0	63.5	65.0
			550°	65.0	65.0	66.0
			600°	64.0	64.0	64.0
			650°	62.5	61.0	59.0
"	300° 1hr	64.0	400°	63.0	61.5	62.0
			500°	64.0	64.0	65.0
			550°	66.0	66.0	66.0
			600°	64.0	64.5	65.0
			650°	62.0	60.0	60.0
"	油 焼 入	65.0	400°	63.0	63.0	64.0
			500°	63.5	64.5	64.0
			550°	66.0	66.0	66.0
			600°	64.0	64.0	63.5
			650°	60.5	59.0	58.5

(iii) 熱浴焼入後の普通繰返焼戻の影響を明かにする為に 1300°C より油焼入又は 300°~600°C で夫々 1 時間恒温処理せるものを、400°~650°C の同一温度で 3 回繰返焼戻して、各焼戻の硬度測定をなした。第 6 図に 1 回焼戻後と 3 回焼戻後の硬度曲線を比較して示す。



第 6 圖 油焼入、熱浴焼入後の焼戻硬度曲線に及ぼす繰返焼戻の影響

300° 並びに 400°C 熱浴焼入のものでは繰返焼戻の影響が少く油焼入のものに近い (300°C のものでは多少の lower-Bainite が現れているがその影響は著しくない)。600°C 熱浴焼入のものでは前述の様に一次軟化の少い硬度曲線を示し、且繰返焼戻の影響も少い。500°C 熱浴焼入のものでは 400°C に於ける繰返焼戻による硬化が明瞭であつて 3 回焼戻後の硬度曲線は 600°C のものとほぼ同様になる。

### V. 總 括

以上第 3 種高速度鋼の熱浴焼入並びに焼戻に於ける組織、硬度の変化の主なるものを一括して第 1, 2 表に示

す。

結果を要約すると次の通りである。

(1) 熱浴温度 200°~600°C, 保持時間 5 時間以内の熱浴焼入では中間段階を除いては austenite の恒温変態は起らず硬度、組織ともに油焼入のものに近い。中間段階では lower-bainite が発生し硬度が低下する。

(2) 熱浴焼入後の焼戻硬度は次の二の場合を除いては油焼入のものと同様の变化をなす。

(i) 比較的高温例えば 600°C 熱浴焼入後の焼戻硬度は一次軟化が少くその結果見かけの二次硬化が少い。

(ii) lower-bainite を発生もするものは一次軟化が少く且著しい二次硬化を示し最高硬度は他の焼入のものより稍高い焼戻温度で得られる。

終りに御懇篤なる御鞭撻を賜つた九大工学部教授谷村熊博士に深甚の謝意を表する次第である。

(昭和 28 年 3 月寄稿)

### 文 献

- 1) 堀田秀次: 鐵と鋼, 23 No.8 (昭12・8) 787~798
- 2) 堀田秀次: 鐵と鋼, 27 No.6 (昭16・6) 373~404
- 3) 堀田秀次: 鐵と鋼, 28 No.4 (昭17・4) 403~443
- 4) 堀田秀次: 鐵と鋼, 32 No.1~3 (昭21・1~3) 10~11
- 5) 堀田秀次: 鐵と鋼, 33 No.4~6 (昭22・4~6) 21~23
- 6) 堀田秀次: 鐵と鋼, 35 No.2 (昭 24・2) 49~54
- 7) 堀田秀次: 鐵と鋼, 35 No.5 (昭24・5) 9~13
- 8) 堀田秀次: 鐵と鋼, 36 No.8 (昭 25・8) 21~26
- 9) 堀田秀次: 鐵と鋼, 36 No.11 (昭25・11) 34~40
- 10) 堀田秀次: 鐵と鋼, 37 No.1 (昭 26・1) 35~59
- 11) 堀田秀次: 鐵と鋼, 38 No.1 (昭 27・1) 25~31
- 12) 堀田秀次: 鐵と鋼, 38 No.5 (昭 27・5) 56~59
- 13) 堀田秀次: 鐵と鋼, 38 No.12 (昭27・12) 36~42
- 14) 大和久: 金屬學會誌, 8 No.6 (昭 19・6) 245
- 15) 小柴: 金屬學會誌, 13 No.3 (昭24・3) 40
- 16) 岡本: 金屬學會誌, 13 No.4 (昭24・4) 31
- 17) 武田, 深瀬: 鐵鋼協會講演會 (昭 27・4)
- 18) 門間, 樹村, 平田: 金屬學會誌, 16 No.6 (昭 27・6) 328
- 19) Cohen, M., and Koh, P.K.: Tr., A.S.M., Vol 27 (1939), 1015
- 20) Cohen, M., Gordon, M.P., and Rose, R. S.: A.S.M. Preprint No. 30 (1942).
- 21) J.P. Gill, G.A. Roberts, H.G. Johnston, and Burns George: Tool Steels (1946) 423