

高バナジウム高速度鋼の熱処理と切削性能

近 藤 正 男

On the Heat Treatment and Cutting Ability of the High Vanadium High-Speed Steel

Masao KONDO

The author studied on the high vanadium high-speed steel by the special melting and casting method. The chemical composition of the specimen is correspond to AISI M2, but the V content is up to 10% and the S content is 0.4%. The effect of 5% Co content addition is studied. The higher the C content of the quenched and tempered specimen is, the higher its hardness is, and in the case of 9%V high-speed steel is hardened to 67.5 HRC. MC carbide coarsens according to V content upper than 8%V. The higher the V content is over the 6%V, the lower the cutting ability is on discontinuous cutting test by flying tool, and the higher it is on high speed continuous cutting test. The Co addition gives better cutting ability to high V high-speed steel.

〔I〕 結 言

バナジウムの添加が高速度鋼の切削性能を高めることは、既に知られているが、多量に添加すると鍛造性を害するので、鍛造圧延して使用する普通の用途では5~6%が最高で、従来のバナジウム添加の研究も6%以下のものが殆んどであった。高速度鋼にバナジウムを添加して高い性能を発揮させるには、バナジウムに対応して炭素量を増すことが必要であって、W. Oertel¹⁾等は6%として次式を示している。

$$C(\%) = 0.6(\%) + 0.16V(\%)$$

A. B. Kinzel等²⁾は

$$C(\%) = 0.7(\%) + 0.2\{V(\%) - 1\}$$

佐藤等³⁾は

$$C(\%) = 0.19(\%) + 0.017W(\%) + 0.22V(\%)$$

を与えている。

既に著者等が報告したように⁴⁾、高速度鋼は鑄造組織のまま焼入焼戻して使用して高い性能を発揮出来るのであるから、その目的のためには更にバナジウム量を高めることが期待されるわけである。V11%以下を添加した高速度鋼についてはD. J. Blickwede, M. Cohen等⁵⁾によって研究せられているが、その報告では切削性能に触れて居らない。著者等はV10%迄

を添加した高速度鋼をつくり、その熱処理挙動と切削性能についての試験を行った。

〔II〕 試料とその製法

研究試料は、硬鋼の合金に直線溝を切り、そこへ原料粉末であるFeW, FeMo, FeCr, Co, FeV, MoS₂, 黒鉛を均一に混合して入れ、高速度鋼線(径3mm)〔材質JIS SKH₂〕を用いてアーク放電で溶解しながら、溝の中央を、溝に沿って一定速度で移動し、溶解したものを、そのまま凝固させて試料としたものである。⁶⁾

試料の化学組成を表1に示す。W6~12%, Mo約1%の低W-Mo高速度鋼にVを4~10%添加した。又Co約5%添加したものを作った。高V(V9~10%)のものはKinzelのC量よりも高いものと低いものを作った。又被削性を増すために全試料にSを0.4%添加した。Si 0.35~0.30%, Mn 0.30~0.25%, P 0.025~0.020%, S 0.010~0.008%である。

〔III〕 熱 処 理 挙 動

(1) 焼 鈍

焼鈍カタサは図1の最下段に示してあるが、その中

表-1 試料の化学成分

試料記号	化 学 成 分 (%)							分 類
	C	Cr	W	Mn	V	Co	S	
4 V A	1.28	2.75	10.46	1.00	3.58	0	0.31	低クロム グループA (4~6%V)
4 V D	1.40	3.77	10.59	1.00	3.50	4.41	0.36	
6 V D	1.62	3.56	11.00	0.87	5.68	3.91	0.32	
7 V A	1.93	3.84	10.70	1.12	7.15	0	0.35	グループB (6~8%V)
7 V D	1.82	3.70	11.33	1.00	6.75	4.19	0.35	
8 V A	2.25	3.86	12.18	1.20	7.95	0	0.40	
9 VDH	2.61	3.92	6.27	1.01	8.70	4.77	0.43	高炭素 グループC (8~10%V)
9 V D	2.14	3.79	11.70	1.01	8.80	4.98	0.37	
10VAH	2.60	4.27	6.04	1.33	10.10	0	0.38	
10 V A	2.39	2.80	5.14	1.33	10.40	0	0.41	低クロム
10VAL	2.15	4.27	11.93	1.17	10.10	0	0.36	低炭素

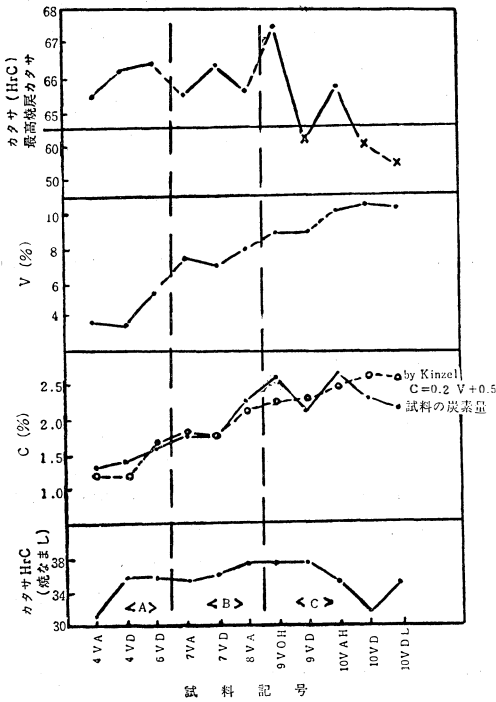


図-1 試料のカタサのC及びV量

でCrの低いNo. 4VAとNo. 10VDとは低く、その他はHRC 34~38になっている。

顕微鏡組織では、4~6%Vでは、網目状炭化物分布が目立つが、7~8%Vではそれが軽微となり、比較的大きな炭化物が点在したり、密集する。9~10%Vではデントライトが目立ち、C量の高いもの(H記号のついているもの)では、炭化物粒が粗大になっている。写真1にその代表的なものを示している。

(2) 焼 入

図-2に試料の焼入温度と焼入カタサとの関係を示す、9~10%VではC量がKinzelの値より低いものでは、焼入カタサがかなり低い。

写真-2に顕微鏡組織を示す。試料は1250~1290°Cで焼入したが、4VAでは1265°Cでやや結晶粒が粗大化し、1280°C以上で粒界が熔融する。4VDでは



写真-1 (a) 4VD

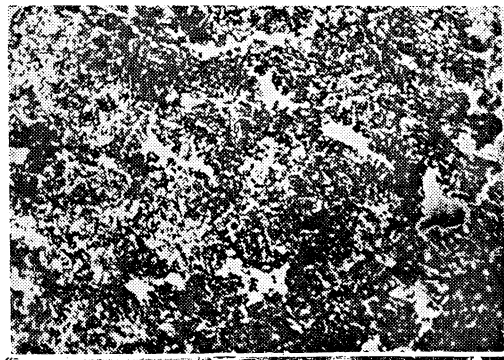


写真-1 (b) 7VD

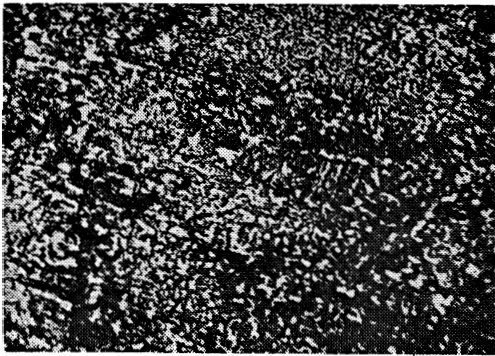


写真-1 (c) 9 V D

写真-1 試料(焼なまし材)ナイトルエッチング
(×400)

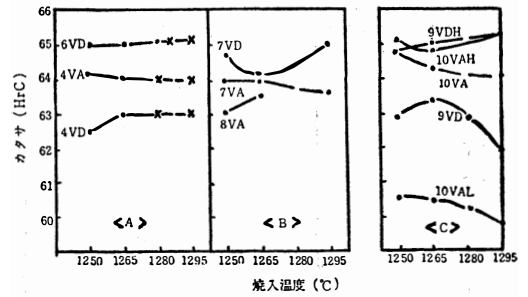
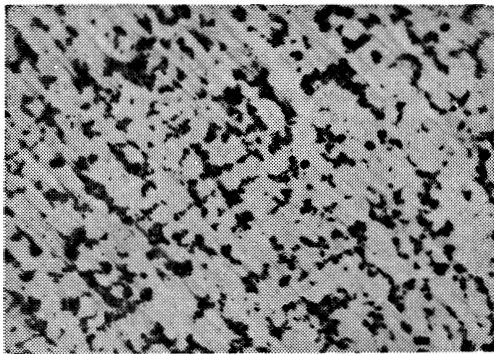
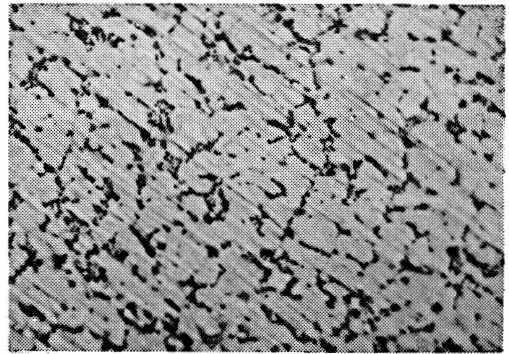


図-2 試料の焼入温度とカタサの関係



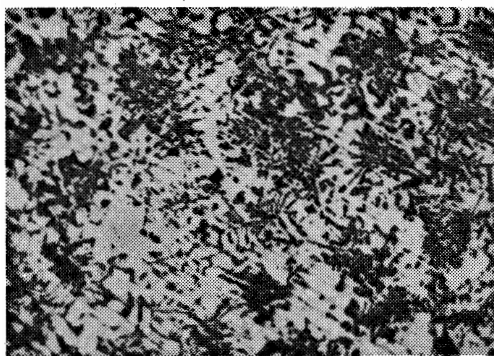
MCの分布を示す

写真-2 (a) 4 V D



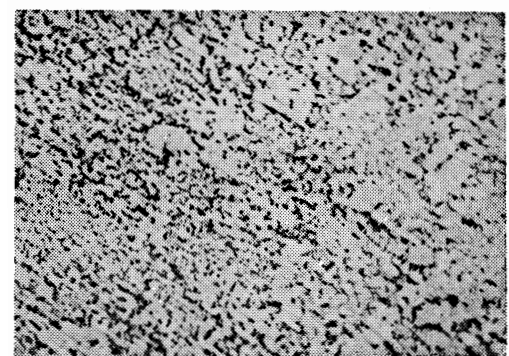
MeCの分布を示す

1250°C油焼入(×400)



MCの分布を示す

写真-2 (b) 7 V D

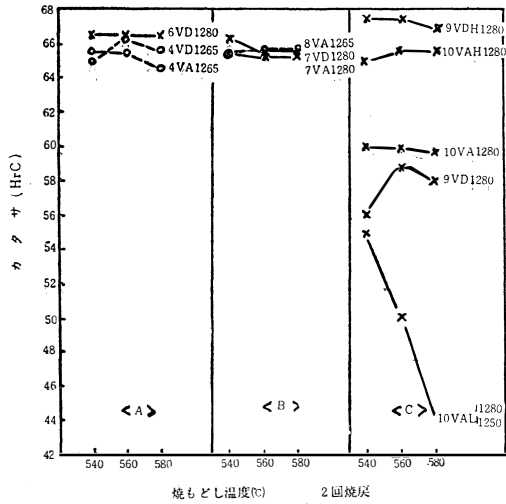


MeCの分布を示す

1250°C油焼入(×400)

1265°Cでも結晶粒は粗大化しないが、1280°Cで粒界熔融を起す。6 V Dは1290°Cで少々粒界が熔融する傾向がある程度である。その他のものは1290°Cでも異常はない。これら4~6%V試料で、焼鈍組織に見られていた網目状炭化物は焼入によっても消滅しない。炭化物エッチングの結果を写真-2に示す、4~6%V試料では1250°C焼入でMeC炭化物がかなり残

留するが、9~10%V試料では焼入残留炭化物の大部分がMC炭化物である。従ってVの高い試料では、焼入カタサがCの影響を受けることが大きく、Cの比較的低い9 VD, 10VA, 10VALは焼入カタサが低く、又焼入温度を高めると焼入カタサが低くなるが、9VDH, 10VAHなど、Cの比較的高いものでは逆にカタサは高くなる。



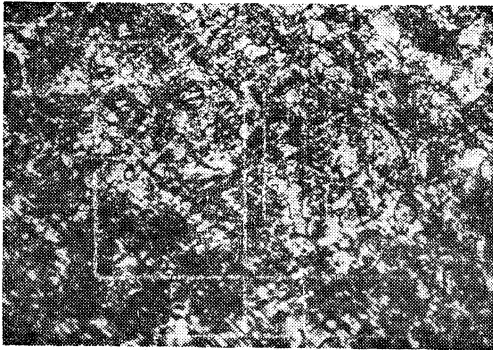
図一三 熱処理と試料のカタサ

(3) 焼 戻

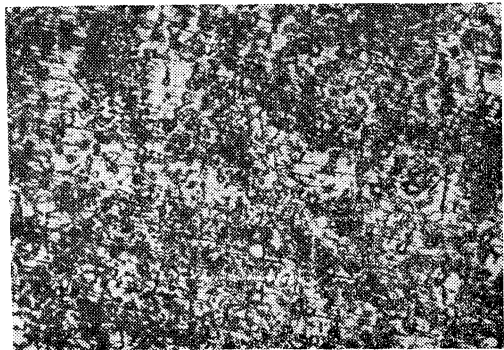
図3に各試料の焼戻カタサを示す。Cの比較的高い9VDH、10VAHは焼戻カタサが高く、Cの比較的低い9VD、10VD、10VDLは低い。各試料について、焼戻最高カタサを求め、図1の最上部に記入しておいたが、コバルトを含む4VD、6VD、7VD、9VDHがH_RC66以上で、特に9VDHはH_RC67.5に達している。Kinzelの式で計算したCの過不足と、この焼戻カタサとは全く平行の関係にあって、C量の重要なことを示している。写真3に焼戻組織を示しているが、4~6%Vでは、顕微鏡組織は殆んど一様であるが、それ以上のバナジウム添加では不均一になる。

〔Ⅲ〕 切削性能試験結果

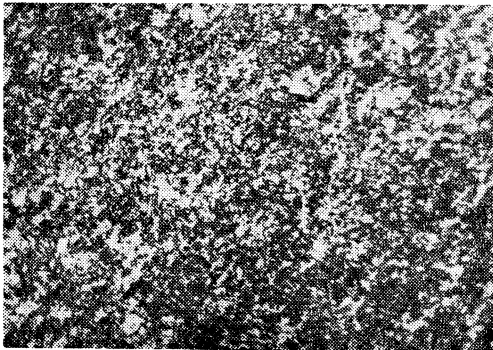
10mm角の角材を試料から切り出して熱処理を施し、



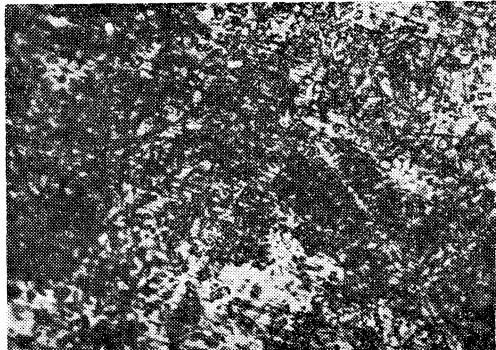
試料記号 1290°C油焼入
9VDH 560°C×1h×2回焼戻



試料記号 1290°C油焼入
10VDL 590°C×1h×2回焼戻



試料記号 1265°C油焼入
4VD 460°C×1h×2回焼戻



試料記号 1290°C油焼入
10VAH 560°C×1h×2回焼戻

写真一三 油焼入、焼戻した試料の顕微鏡組織 ナイタルエッチング×400

切削試験に供した。切削試験は、硬鋼の断続切削試験、SCM5の低速切削試験と高速切削試験で、その試験条件を表一2に示してある。又表一3には単一バ

イトによる舞ツール試験の条件を示した。試料の主要成分、熱処理条件・試験成績・試料のカタサを図一4、図一5に一括して示した。

表-2 切削試験条件

	S55C	SCM5連続切削試験		
	断続試験	低速切削	高速切削	
切削速度 (m/min) (外径で)	96	9.6	64	
切込み (mm)	1.0	0.5	1.0	
送り (mm/rev)	0.38	0.06	0.16	
被削材	内径 (mm)	40	52	52
	外径 (mm)	225	110	110
	カタサ (HB)	152	320	320
切削液	ナシ	ナシ	ナシ	
バイト形状	(0,0,8,6,0,30,0)	(0,0,6,6,0,30,0)	(0,0,6,6,0,30,0)	

表-3 単一バイトによる舞ツール試験条件

切削速度 (m/min)	27
切削深さ (mm)	3 × 1.5
送り (mm/rev)	0.22
被削材	SNCM 8
カタサ (HB)	389
切削材	UB100
バイト形状	0,0,8,6,30,0,10
1回切削長さ (mm)	155
試験に使用した工作機械	大隈機工製 横型フライス盤

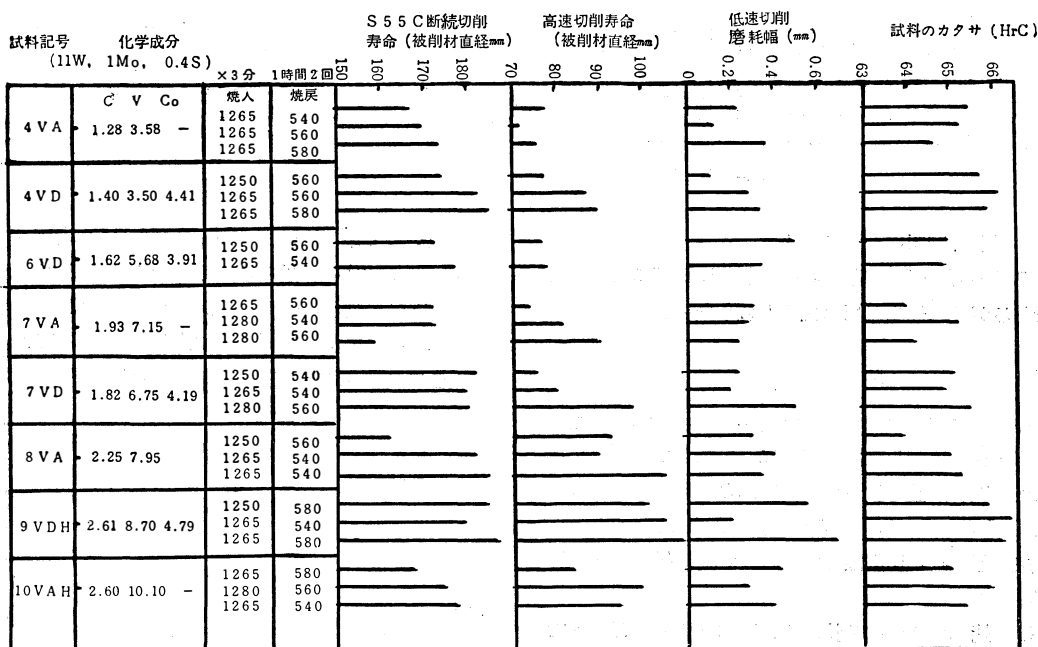


図-4 旋盤切削試験結果

断続切削では9VDH, 8VA, 4VDが良く, 高速切削でも9VDHと8VAが良い。

低速切削では, それとは逆に4VDと7VAが良い。

舞ツール試験(図-5)では, 焼入温度を比較的低い1250°Cとした方が概して良く, 最大磨耗では4VD, 6VD, 7VA, 平均磨耗では4VA, 6VD, 7VD, 9VDHが良い。

バナジウム添加量が増すと, 磨耗のバラツキが大きくなって明確な寿命の判断が出来ない, 概してバナジウム量はあまり多くしない方が良い。

図-6と図-7はカタサ, 及び主要成分であるV%, C%, C%と切削性能との関係を求めたもので, 図ではC。を添加したものと, しないものとを区別している。

一般にカタサと切削性能との間には関係が認められないが, C。添加材はカタサの上昇と共に切削性能も急上昇している。

V添加の影響: 高速切削, 低速切削共にV量と共に切削性能は向上しているが, 断続切削ではその影響は認められない。

C。添加の影響: 高速切削, 低速切削では影響ない

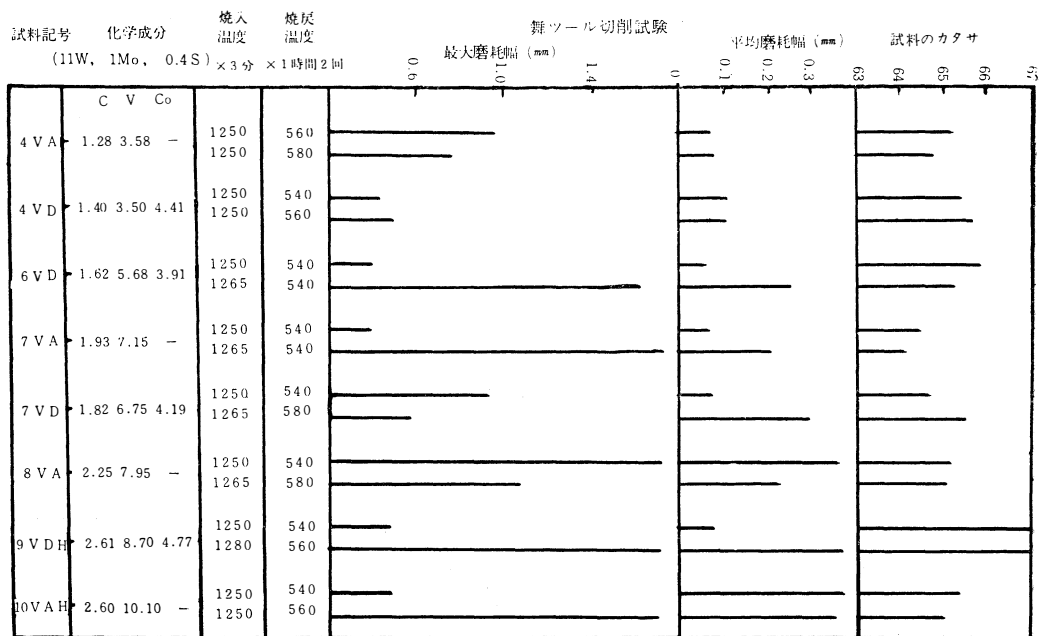


図-5 舞 ツ ー ル 切 削 試 験 結 果

が、断続切削では有利になる。

Cの影響：高速切削，断続切削共に不利になる傾向であるが，低速切削ではあまり変らない。

〔V〕 結 論

W6~12%，Mo約1%の低W—Mo高速度鋼にVを4~10%添加した高速度鋼についてVの影響をしらべた。被切削性を改良するためにS0.4%を添加し，又C.5%を添加したのもも試験に加えた。

熱処理挙動と切削性能に関して試験結果を要約すれば，

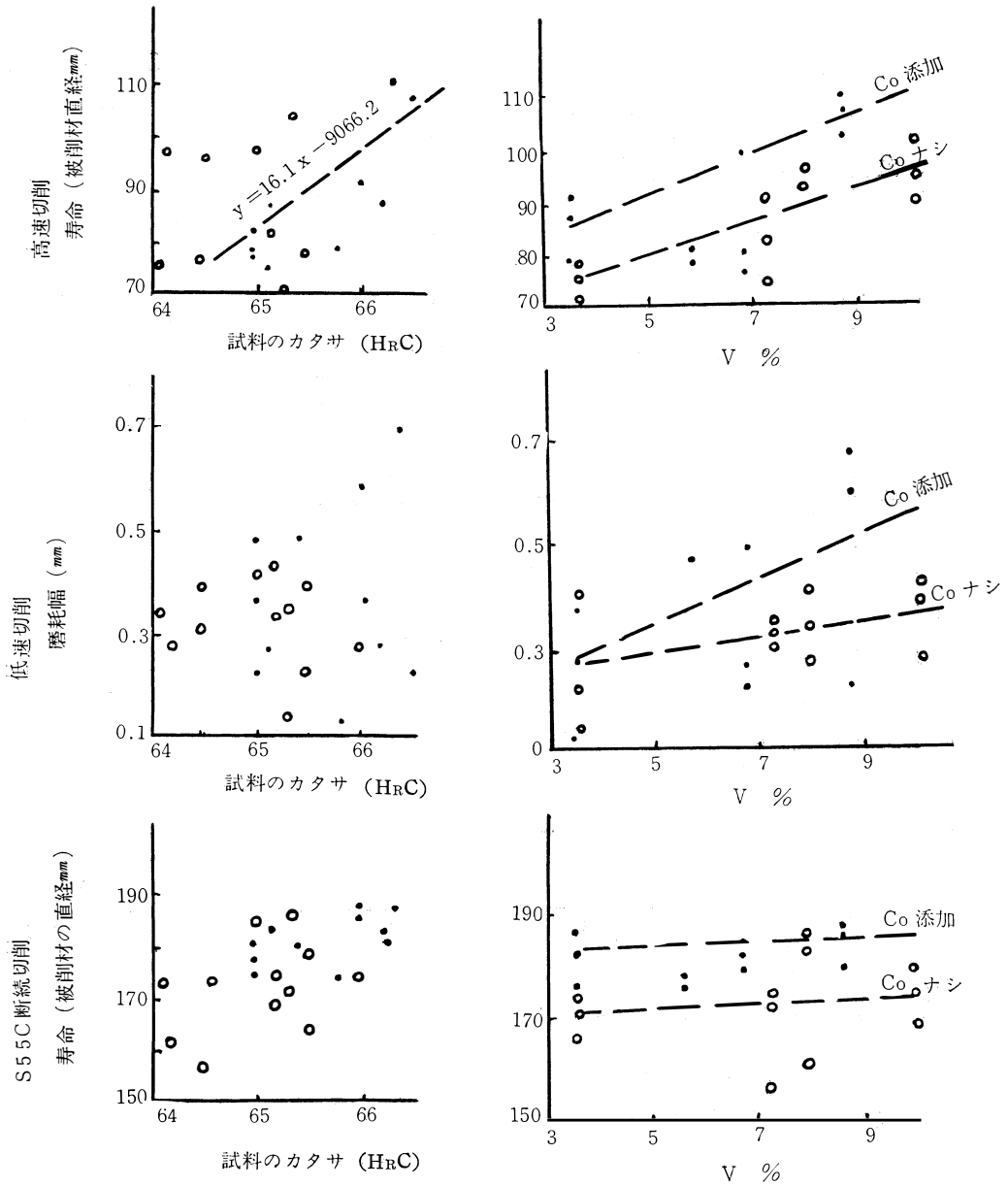
- (1) 焼鈍カタサはV量，C量に関せず殆んど一様であり，殆んどHRC34~38であった。顕微鏡組織ではV4~6%で，網目状炭化物が目立ち，9~10%でデンドライトが著しい。
- (2) 焼入カタサはKinzelの与えたC=0.5+0.2V(%)よりもC量の低いものでは低いが，その他はHRC62~65であった。

低V(4%V)試料では1280°C以上の加熱で，粒界溶融が起り，6%V試料で1290°Cで少々その傾向があるが，それより高いVでは1290°Cでも溶融しない。

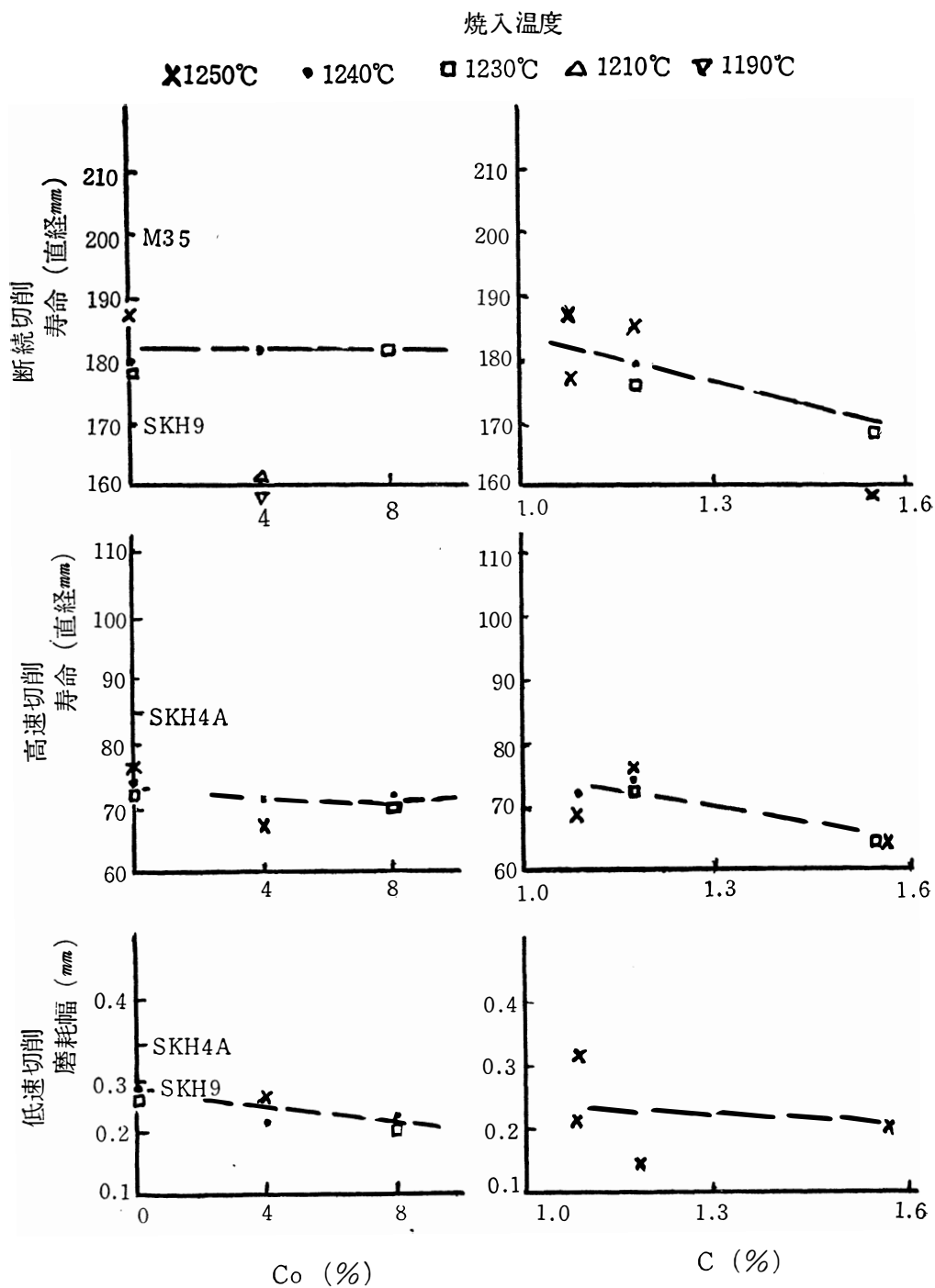
- (3) 焼戻カタサも，Kinzelの式で与えられるよりもC量の高いもの程高く，それより低いものは低い，特にV量の高いものはC量を更に高めにする

方が良く，二次硬度の最高はHRC68に達する。

- (4) 切削試験の結果によれば，断続切削ではVを増すと切削性能は低下するが，高速切削ではその逆にVの高い程切削耐久力は大となる。Vの高い場合にC₀を添加すると更に切削性能は向上する。



図一六 試料のカタサ及びV量, Co添加の有無と切削試験結果



図一七 切削試験結果と試料のCo及びC量

本研究は昭和40年10月20日、日本金属学会第57回大会（福岡）で発表したものであって、共同研究者である東北大学金属材料研究所熊谷真一郎氏の労を多とする。試料製作と切削試験は株式会社不二越で行なわれたもので、深甚の謝意を表する。

文 献

- (1) 小柴 日本金属学会誌 11 (1947) . 14
- (2) 石塚・中谷・武内・鉄と鋼, 38 (1952) . 829
- (3) 佐藤・金子 鉄と鋼, 38 (1952) . 831
- (4) 石塚 鉄と鋼, 40 (1954) . 293
- (5) 金子 日本金属学会誌 19 (1955) . 59
- (6) 佐藤 鉄と鋼, 45 (1959) . 511
- (7) 小柴・木村・原田 日本金属学会誌, 24 (1960) . 437
- (8) 西原・中野・金田・日浦・増田 鉄と鋼, 47 (1961) . 1461
- (9) 中野・金田・喜多辻 鉄と鋼, 48 (1964) . 1458
- (10) 沢 鉄と鋼, 49 (1963) . 1527
- (11) 沢・野村・相沢・伊藤 鉄と鋼, 50 (1964) . 676
- (12) 沢・野村・伊藤 鉄と鋼, 50 (1964) . 1946
- (13) W. Oertel, A. Gruetzner, Die Schnell drehstahl (1931)
- (14) A. B. Kinzel, C. O. Burgess, Trans. AIME, 100 (1932) .257
- (15) 近藤:機械と工業, 2 (1958) NO.II, 18
- (16) D. J. Blickwede, M. Cohen, G. A. Roberts, Trans. ASM 42 (1949) . 1161
- (17) 近藤・新井 日本金属学会誌, 30 (1966) . 112

(昭43. 10. 31受付)