

低タングステン高速度鋼に及ぼす硼素及び ジルコニウムの影響に就いて

小 柴 定 雄*

On the Effects of Boron and Zirconium on the Low Tungsten High Speed Steel

By Sadao Koshiba

Yasugi Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

The writer of this paper studied the effects 0-2.5% boron and 0-2% zirconium on low tungsten high speed steel containing 10-12% tungsten, and low tungsten-cobalt high speed steel containing 5% cobalt and 10-12% tungsten, and also the effect of zirconium for high speed steel with 18% tungsten.

The writer measured hardness and cutting durability of the specimens above mentioned and their microstructures. Also, he applied varying heat treatments upon them.

The experiments obtained the following results:

- (1) The utmost durability is secured when boron content is around 0.3-0.5% or zirconium content about 0.1-0.3% for either high speed steels.
- (2) The 0.2% zirconium content is most suitable for high speed steel containing 18% tungsten, the same as for the low tungsten high speed steel.

[I] 緒 言

著者はさきにコバルト含有量異なる低タングステン高速度鋼に及ぼす Ni, Mn, Si, Al, Cu, Sn, Sb 及び Ti 等の各元素の影響に就いて詳細なる研究結果を発表し⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾⁽⁶⁾、高速度鋼の性能上如何なる程度の影響を及ぼすかを究明した。

本研究に於ては更にコバルト 0 及び 5% を含有する低タングステン高速度鋼 (C 0.7~0.8%, Cr 4.0~4.5%, W 10~11%, Mo 1.0~1.2%, V 1.5%) に及ぼす硼素及びジルコニウムの影響に就て各種熱処理による硬度の變化を調べ、且つ實地切削試験を行い併せて顯微鏡組織を觀測し、その特性を確めた。

尙ジルコニウムの影響に就ては従來の W 18% の高タングステン高速度鋼との比較をもなした。

[II] 實 験 方 法

試料は従前⁽⁷⁾と同様タンマン電気爐で熔製した。硼素及びジルコニウムの添加はそれぞれ 13.8% フェロボロン及び 72% (又は 55%) のフェロジルコニウムの鐵合金を用いた。硬度試験はロックウエル硬度計により 3 個測定し、その平均値を採つた。切削耐久試験は従來の精密旋盤を用いた。被切削材料は C 0.32%, Si 0.48%, Mn 0.55%, Ni 3.20%, Cr 0.88% のニッケル・クロム鋼の焼入焼戻したもので、ブリネル硬度 350 にしたものを用いた。切削の切込みの深さ及び送り量はそれぞれ 1.0 mm 及び 0.5 mm とした。又切削工具の双形は従來⁽⁷⁾と同様である。而して切削耐久力の比較は 20 分耐久速度を以て行つた。尙一部の試験に於ては一定速度による切削耐久時間を以て比較した。

[III] 硼 素 の 影 響

鋼に及ぼす硼素の影響に就てはその研究の發表は比較的少く、Vogel, Tamann⁽⁸⁾ が Fe-B-C 系に就て研究し、焼入硬化に對する効果は 0.2% B までは上昇す

* 日立製作所安來工場

るが、それ以上はかえつて減少すると述べている。又 Walter⁽⁹⁾ は鋼に極く少量の硼素を添加すると品質が改善せられると報じている。又 Rapatz⁽¹⁰⁾ はオーステナイトクロームニッケル鋼に於ては硼素は析出硬化を起す誘因を興えると述べている。

元來硼素はアルミニウム、硅素、チタニウム及びバナジウムと同様強い脱酸劑として知られ、殊に熔鋼中の酸化クロムは硼素により極めて速かに還元される。

一方高速度鋼に對する硼素の影響に就ては餘り發表がない。Oertel, Grützner⁽⁹⁾ はその著書で微量の硼素の添加は好影響を興えると述べているのみで硬度及び切削耐久力に關しては何等觸れていない。而して 0.8% 硼素を添加すると鍛錬は不能になると、又 Rapatz⁽¹⁰⁾ によると 0.2% 硼素を添加すると熱間加工性が失われると報じている。然し高速度鋼の硬度及び切削耐久力に對する影響に就てはなんら明らかでない。

それ故本研究に於てはこれらの點を確めるため、C 0.75%, Cr 4.5%, W 10%, Mo 1%, V 1.5% を標準成分とするコバルト 0 及び 5% の2種の低タングステン高速度鋼に及ぼす硼素の影響を調べた。

(1) コバルトを含まない低タングステン高速度鋼に及ぼす硼素の影響

試料の化學成分を第1表に示す。但し硼素は配合成分

第1表 化學成分 Table 1 Chemical composition.

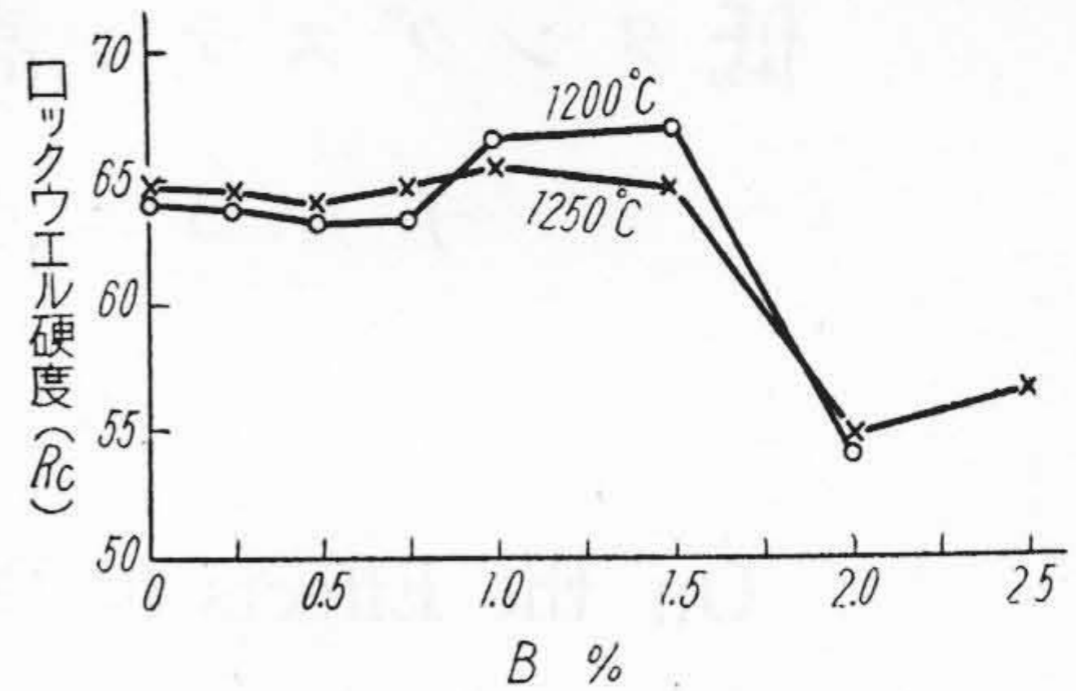
試料	C	Cr	W	Mo	V	B
FR 1	0.67	4.60	9.76	1.21	1.46	0.00
// 2	0.75	4.61	10.90	1.24	1.33	0.25
// 3	0.72	4.61	9.79	1.21	1.33	0.50
// 4	0.83	4.62	10.71	1.25	1.46	0.75
// 5	0.75	4.62	9.87	1.24	1.36	1.00
// 6	0.77	4.60	10.79	1.20	1.49	1.50
// 7	0.80	4.61	9.76	1.29	1.36	2.00
// 8	0.70	4.61	10.15	1.17	1.40	2.50

を以て示した。

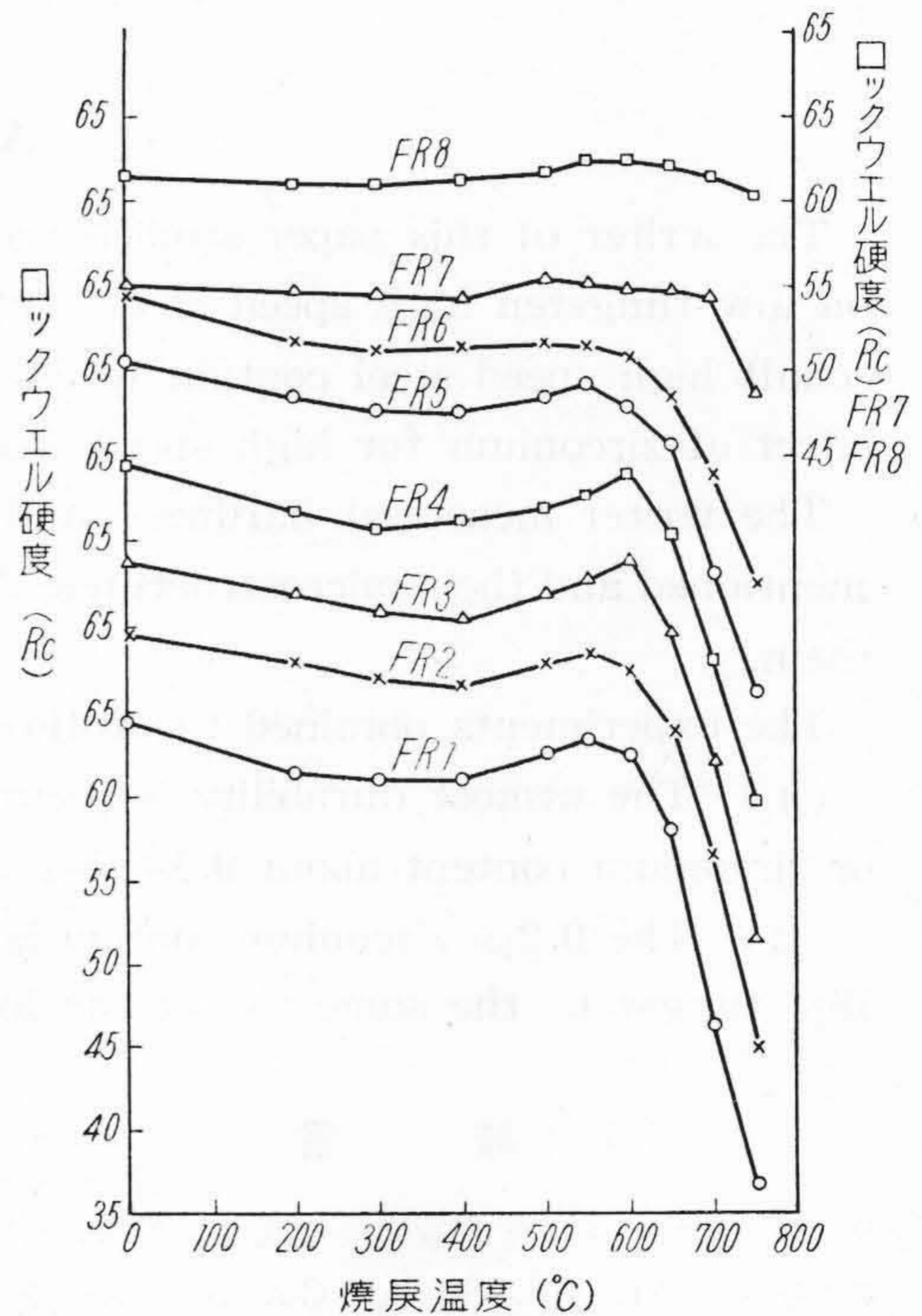
(A) 焼入及び焼戻温度と硬度

各試料の 1,200° 及び 1,250°C の各温度に 1分保持(浸漬時間を2分)油中焼入し、焼入温度と硬度との關係を求めた。その結果を第1圖に示す。圖に示す如く焼入硬度はB約0.75%までは殆ど變りないが、1.0%以上は稍増大し、2%以上は急激に減少する。

次に 1,200° から焼入した各試料の焼戻による硬度の變化を求めた。その結果を第2圖に示す。硼素約1%までは焼戻による最高硬度は餘り大差なく、1.0%以上は急激に減少する。而して最高硬度を示す温度は硼素約0.75%までは硼素量を増す程高い方に移動する。



第1圖 B量と焼入硬度との關係
Fig. 1 Relation between Content of B and Quenching Hardness.

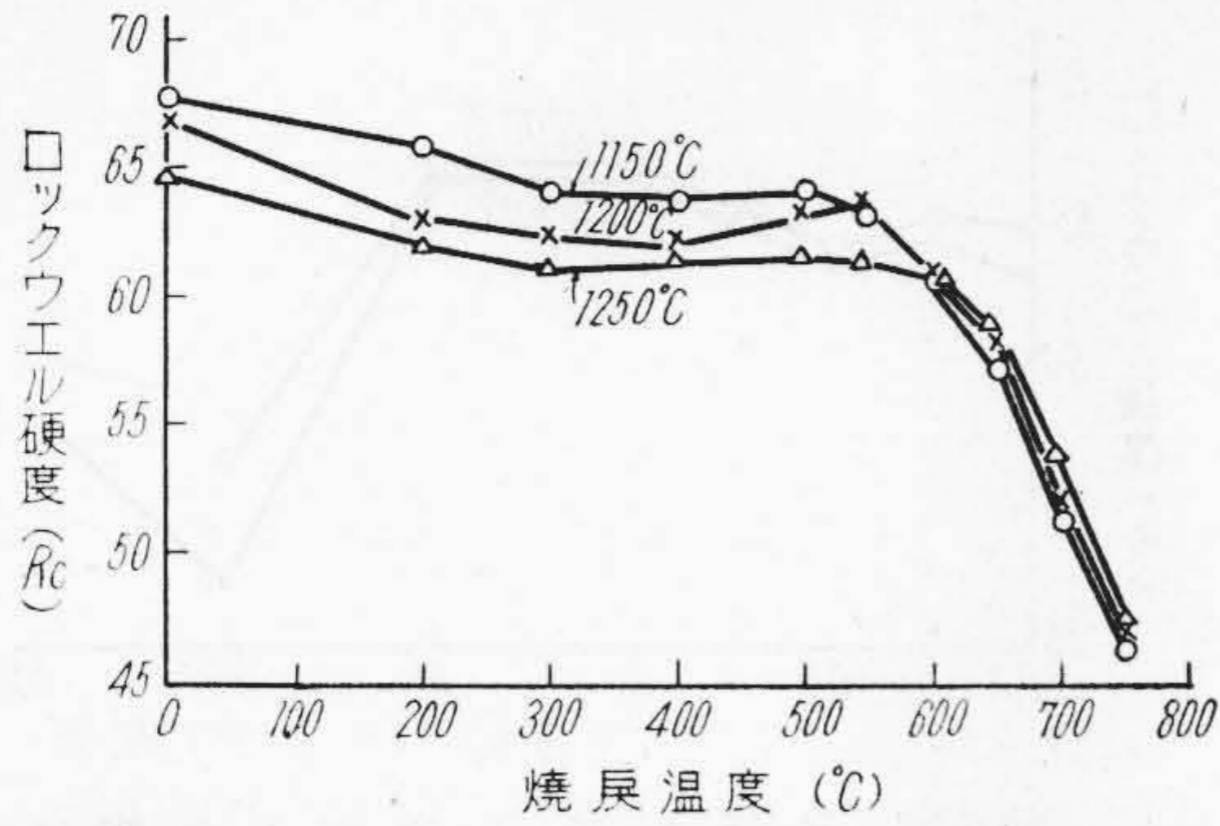


第2圖 焼戻温度と硬度との關係 (焼入温度 1,250°C)

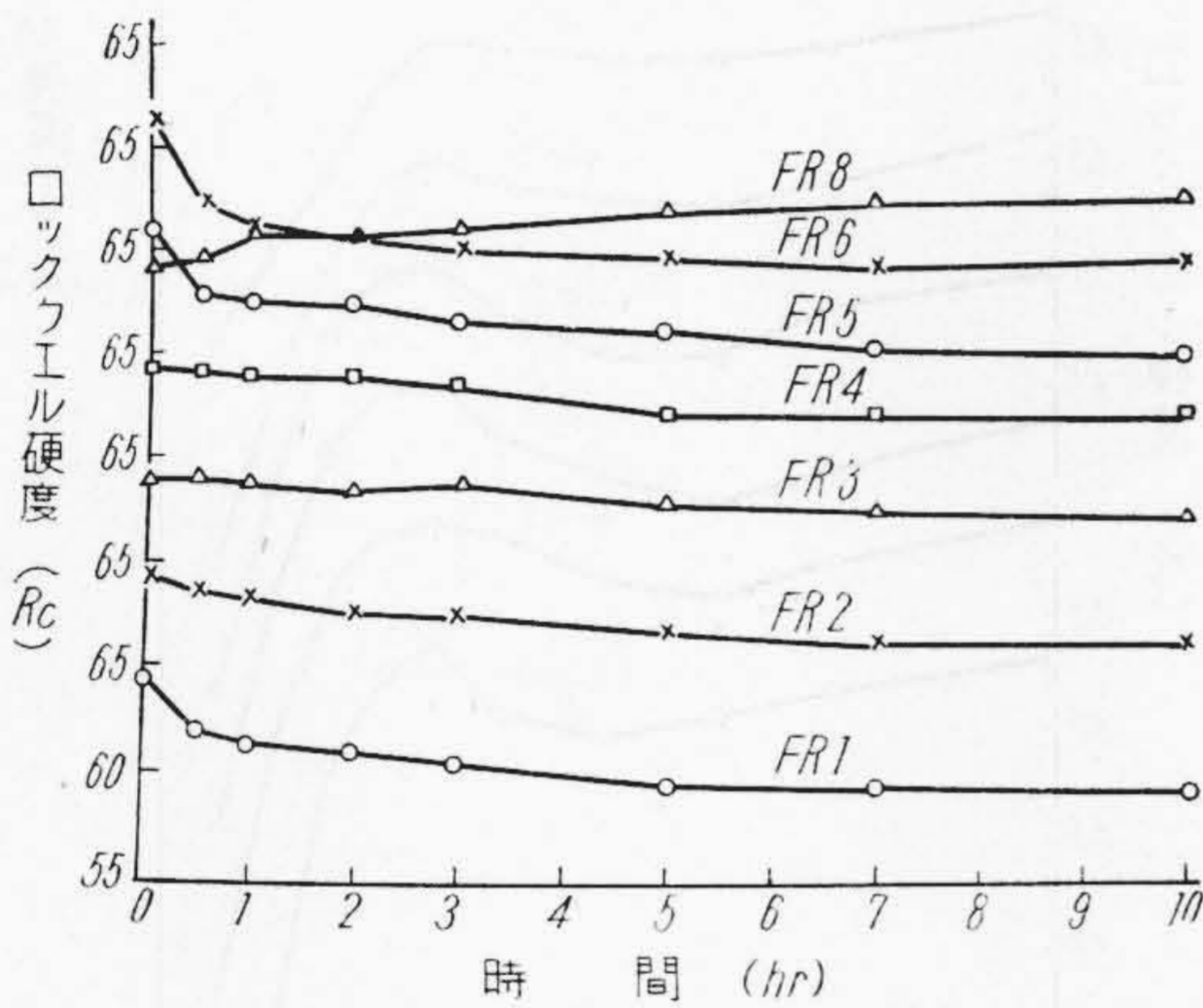
Fig. 2 Relation between Tempering Temperature and Hardness. (Quenching Temperature 1,250°C)

次に焼入温度の焼戻硬度に及ぼす影響の一例として硼素約 1.5% の試料に就ての結果を第3圖に示す。焼入硬度は焼入温度を上昇する程減少し、焼戻による最高硬度は何れも焼入の際の硬度より低い。然し 600° 以上の高温度に於ては焼入温度を上昇する程硬度の減少は少い即ち焼戻軟化に對する抵抗を増大する。

次に 1,230°C より油中焼入した各試料の 600° の焼戻温度に於ける焼戻時間と硬度との關係を第4圖に示す。各曲線は重なるのをさけるため5目盛宛ずらして圖示した。各試料共時間と共に硬度を減少し、殊に硼素1%以



第3圖 1.5% B 試料の焼戻温度と硬度との関係
Fig. 3 Relation between Tempering Temperature, Hardness and Quenching Temperature of Specimen Containing 1.5% B.

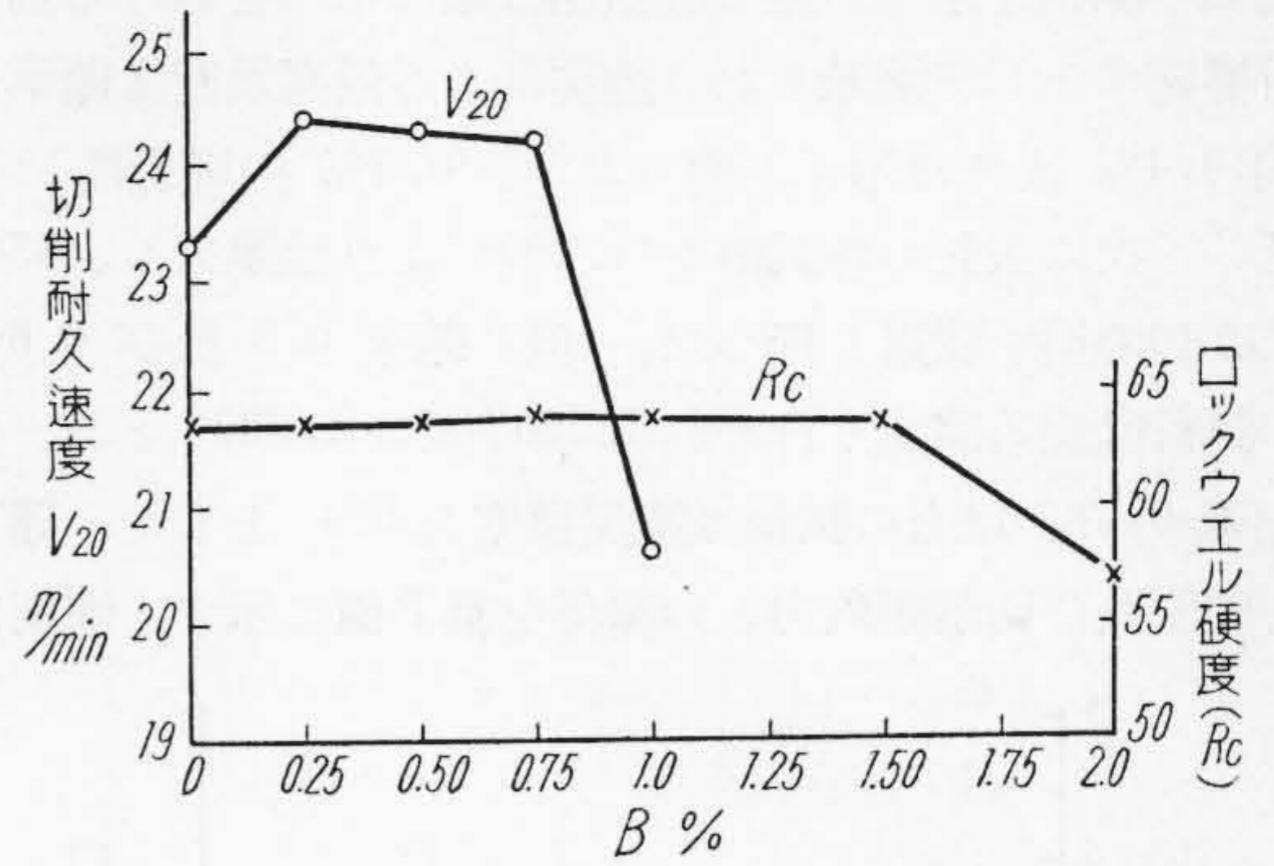


第4圖 1,230°C より焼入した各試料の 600°C に於ける焼戻時間と硬度との關係
Fig. 4 Relation between Tempering Time and Hardness of Specimen Tempered at 600°C after Quenched from 1,230°C.

上は稍著しい。硼素 2.5% の場合はかえつて時間と共に増大する。

(B) 切削耐久力に及ぼす硼素の影響

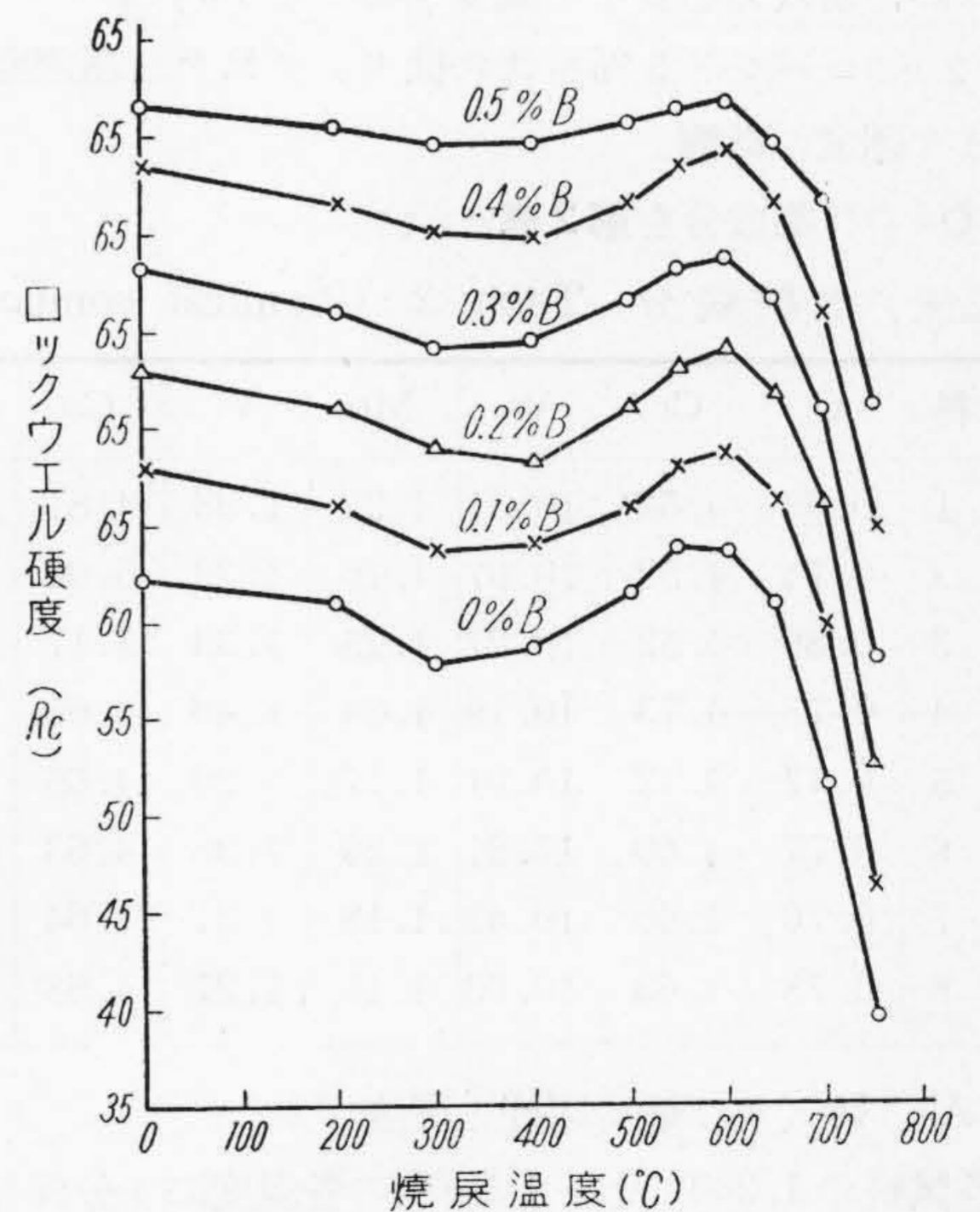
各切削工具試料を 1250° より油中焼入し、550°C に 2 回焼戻を繰返した。但し試料 No. 7 及び 8 の高硼素試料は 1,150° より焼入した。第 5 圖は硼素量と硬度及び切削耐久力との關係を示す。焼戻硬度は硼素量約 1.5% までは殆んど變りなく、2.0% になると著しく減少する。切削耐久力は硼素約 0.25~0.50% で極大を示し、しかも 0.75% まではその減少の程度は極めて僅かである。0.75% 以上は急激に減少する。即ち硼素を添加すると切削耐久力を増やすことが認められる。尙顯微鏡組織を觀測したが、硼素を添加するときにはマルテンサイト組織は稍粗大化され、恰も高炭素合金によく似た組織を呈す



第5圖 B 量と硬度及び切削耐久力との關係
Fig. 5 Relation between Content of B, Hardness and Cutting Durability.

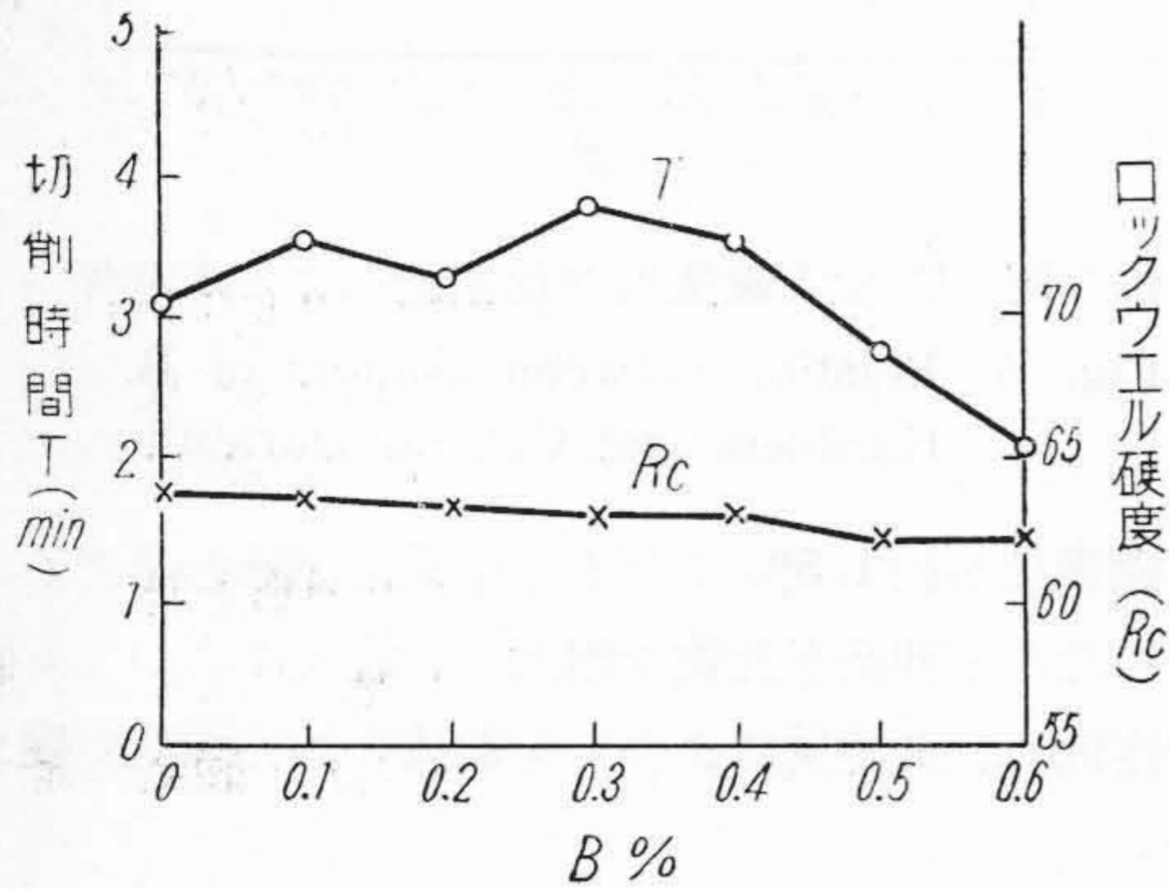
る。硼素量が約 1.5% になると稍異常組織を呈する。又 2% になると共晶炭化物を増大し、焼入によつても硬化の程度低く、又焼戻によつても前述の如く硬度の變化が少い。

上述の結果から硼素 0.25~0.75% の範圍では餘り大差ないことを知つたが、更に精細にその最適量を確める爲 C 0.8%, Cr 4%, W 10%, Mo 1%, V 1.5% に對し硼素を 0.1% おきに 0.6% までの試料を造り試験した。第 6 圖は 1,290° より焼入した試料の焼戻温度と硬



第6圖 焼戻温度と硬度との關係 (焼入温度 1,290°C) (C 0.8, Cr 4, W 10, Mo 1, V 1.5%)
Fig. 6 Relation between Tempering Temperature and Hardness. (Quenching Temperature 1,290°C) (C 0.8, Cr 4, W 10, Mo 1, V 1.5%)

度との關係を示す。但し各曲線は重なるのをさける爲5目盛宛ずらして圖示した。焼戻による最高硬度は硼素量約0.4%までは殆んど變りない。0.5%の場合には稍低い。次に上記の各試料を1,290°より油焼入し、550°に2回焼戻を繰返し行つた。但し硼素0.5及び0.6%の試料は焼入温度それぞれ1,250°及び1,200°とし、又硼素0.2%以上の試料は焼戻温度を600°とした。硼素と硬度及び切削耐久力との關係を第7圖に示す。硬度は



第7圖 B量と硬度及び切削耐久力との關係
Fig. 7 Relation between Content of B, Hardness and Cutting Durability.

硼素量によつて餘り大差ないが、切削耐久力は硼素約0.3%附近で最高を示す。硼素0.5%以上は硬度も多少低い、耐久力を著しく減少することが判る。

(2) コバルト5%を含む低タングステン高速度鋼に及ぼす硼素の影響

試料の化學成分を第2表に示す。

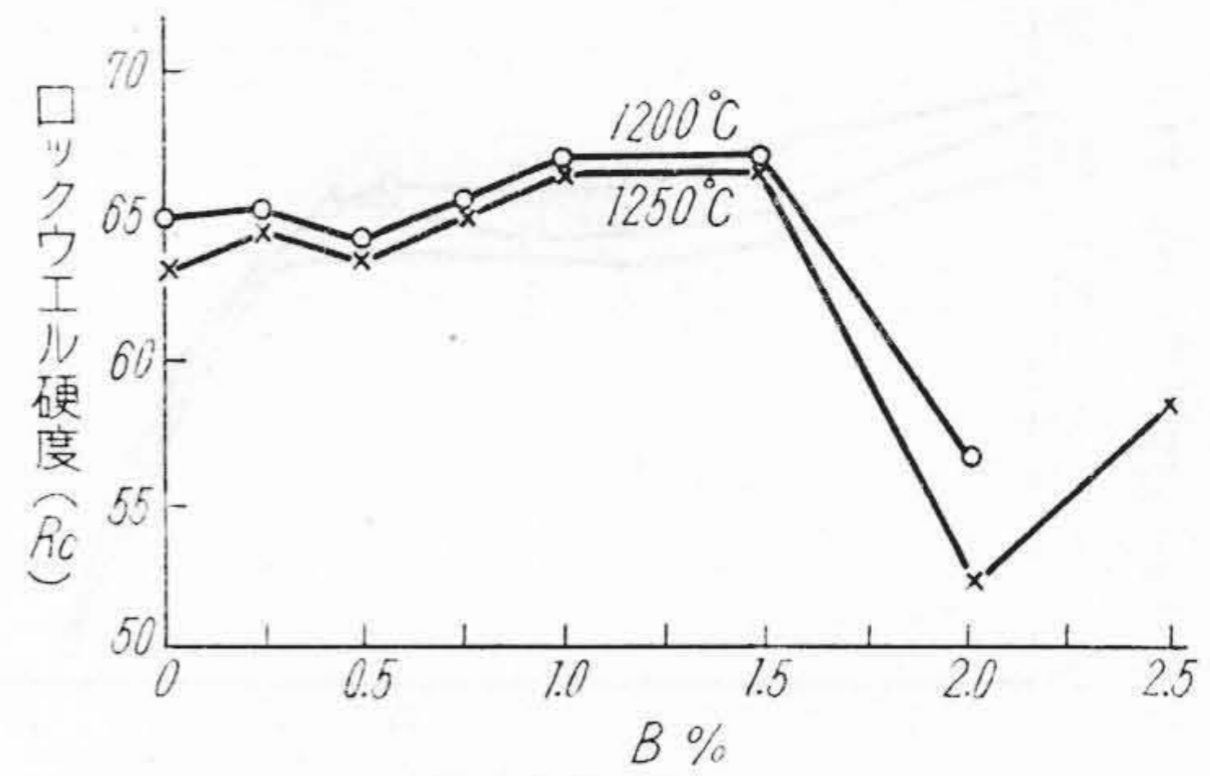
第2表 化學成分 Table 2 Chemical composition.

試料	C	Cr	W	Mo	V	Co	B
GR 1	0.69	4.52	10.31	1.22	1.33	4.81	0.00
// 2	0.74	4.52	10.07	1.26	1.20	5.02	0.25
// 3	0.80	4.52	10.27	1.25	1.33	5.17	0.50
// 4	0.73	4.73	10.19	1.24	1.40	4.65	0.75
// 5	0.77	4.42	10.01	1.17	1.20	4.65	1.00
// 6	0.77	4.60	10.31	1.29	1.38	4.63	1.50
// 7	0.76	4.60	10.43	1.18	1.31	4.64	2.00
// 8	0.78	4.63	10.03	1.15	1.27	4.58	2.50

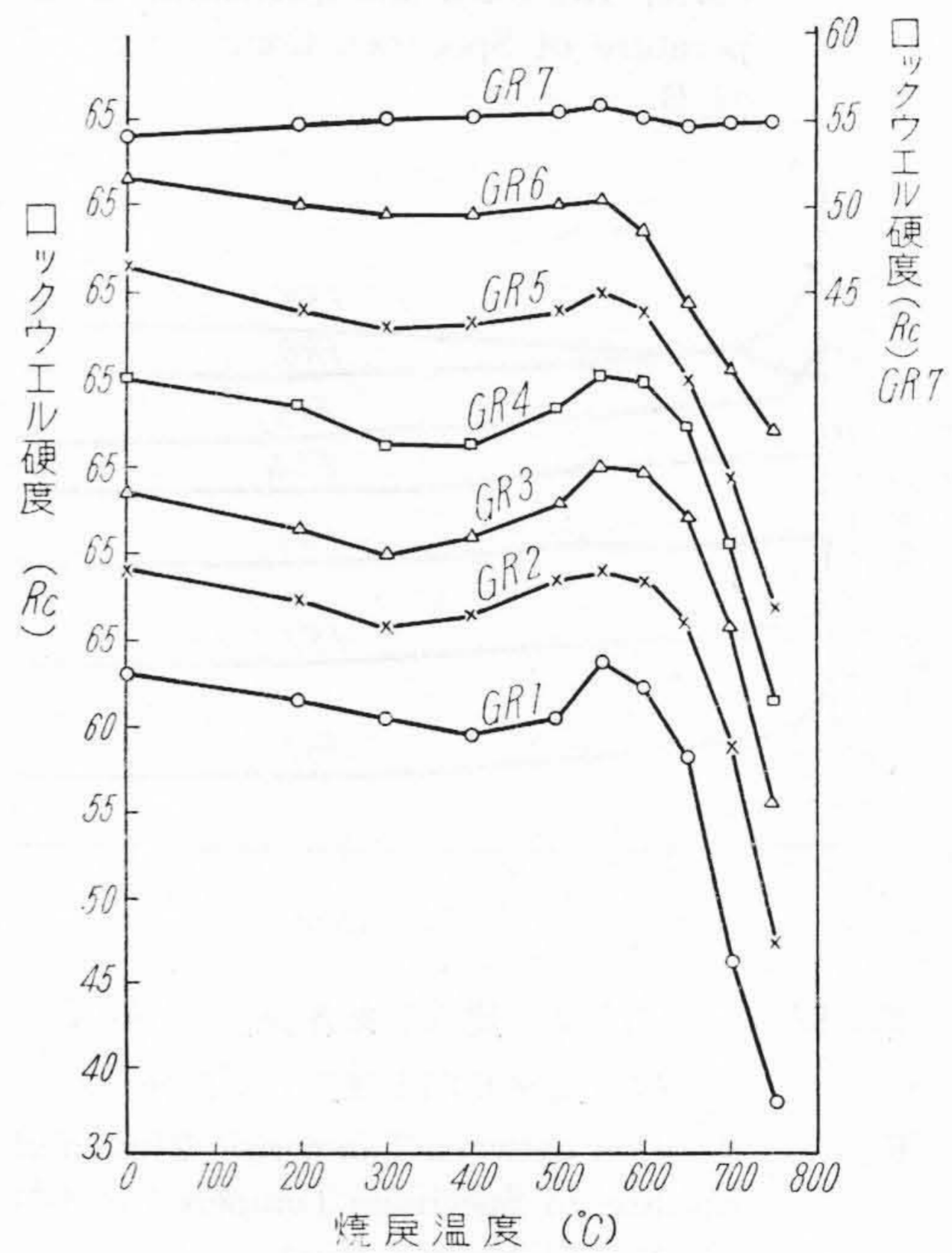
(A) 焼入及び焼戻温度と硬度

各試料の1,200°及び1,250°の各温度に1分保持(浸漬時間を2分)油中焼入し、焼入温度と硬度との關係を求めた。その結果を第8圖に示す。前述とほぼ同様の曲線を示し、硼素約0.75%以上は焼入硬度を増加し、1.5%以上は急激に減少する。

次に1,250°より焼入した各試料の焼戻による硬度の變化を第9圖に示す。但し各曲線は5目盛宛ずらして圖



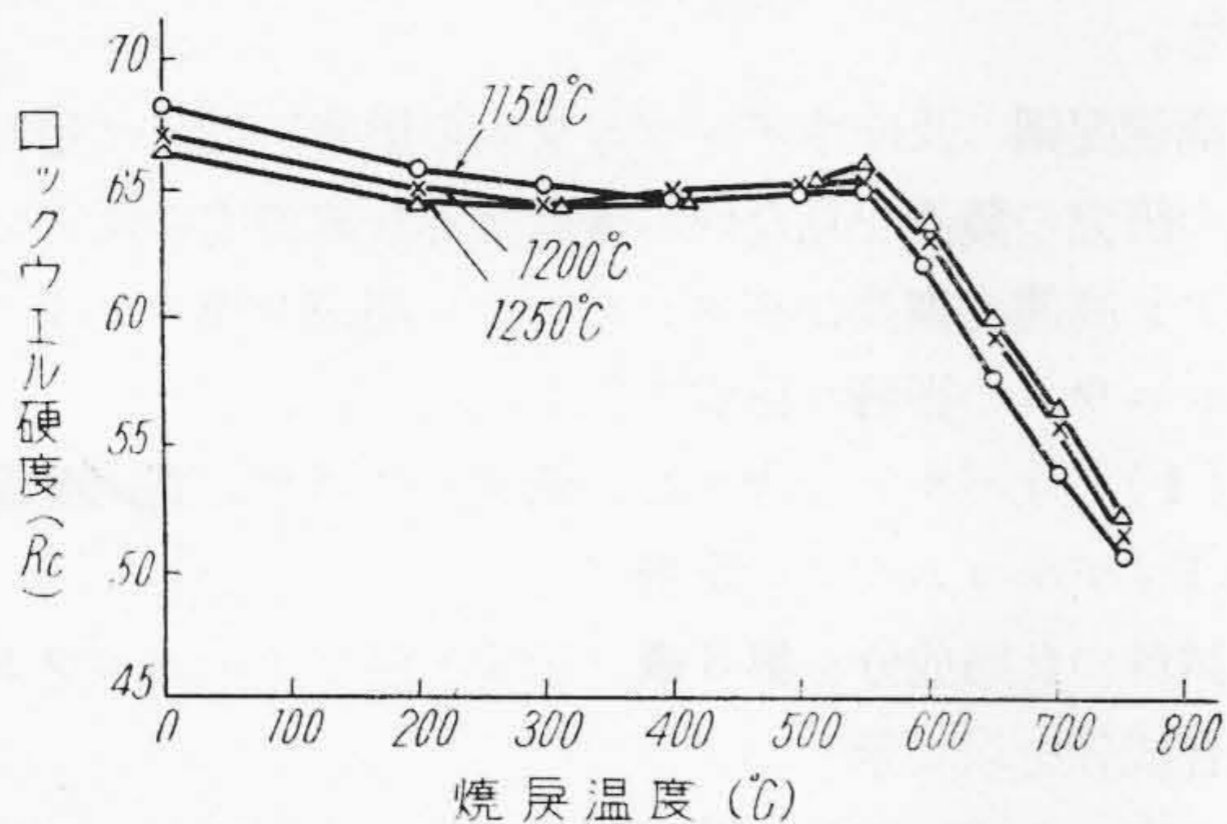
第8圖 B量と焼入硬度との關係
Fig. 8 Relation between Content of B and Quenching Hardness.



第9圖 焼戻温度と硬度との關係 (焼入温度1,250°C)
Fig. 9 Relation between Tempering Temperature and Hardness. (Quenching Temperature 1,250°C)

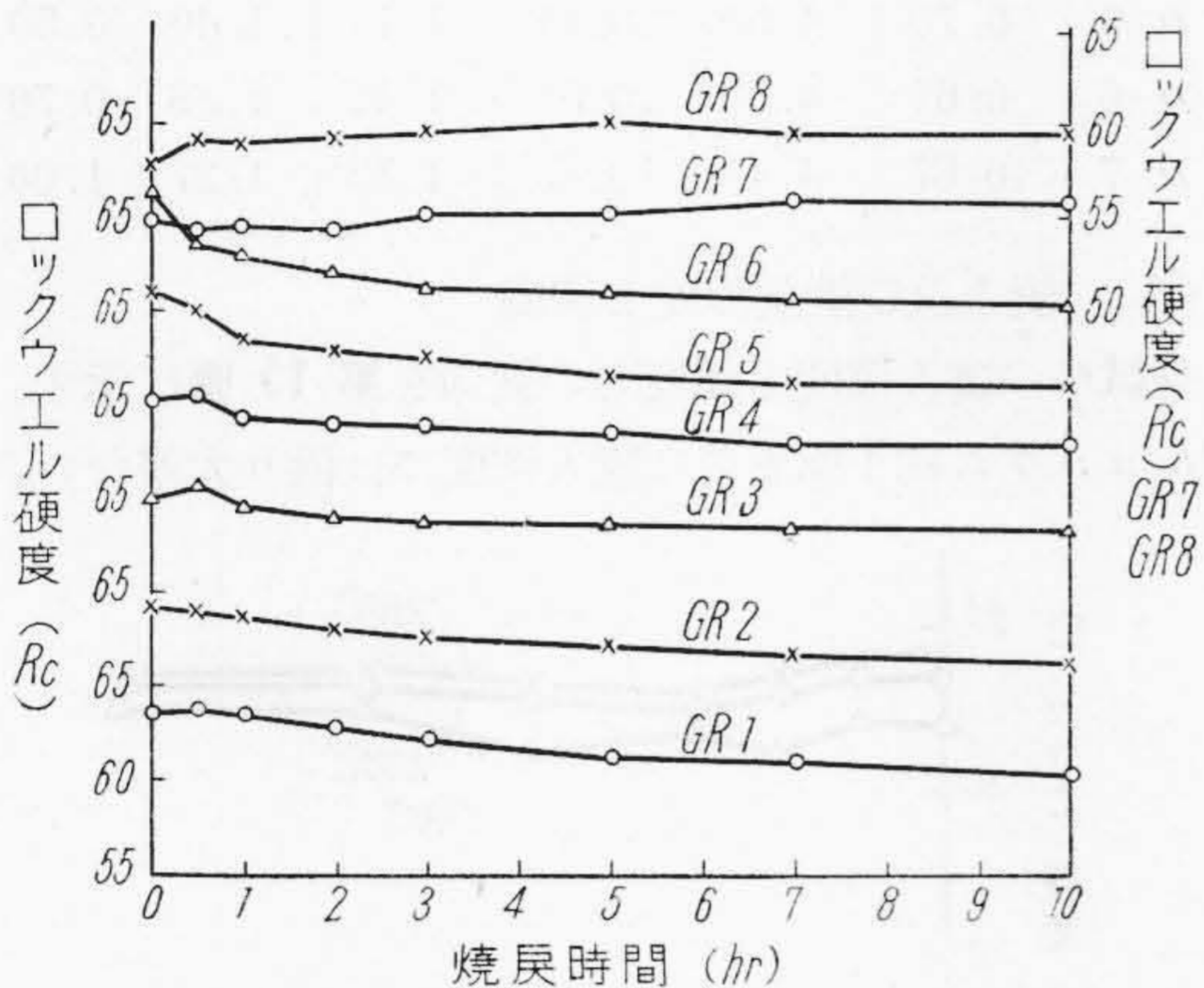
示した。焼戻による最高硬度は硼素約0.5%までは硼素量と共に僅か増大するも、硼素0.5%に於ては殆んど變りない。又その最高硬度を示す温度も何れも550°で變りない硼素約2%の試料は焼戻によつて殆んど硬度に變りない。

次に焼入温度の焼戻硬度に及ぼす影響の一例として硼素約1.5%の試料に就ての結果を第10圖に示す。焼入硬度は前述と同様焼入温度を上昇する程減少するも、焼戻による硬度は餘り大差なく、何れも550°で最高硬度を示す。而して焼入温度を上昇する程600°以上の高温に於ける硬度の減少は少い。



第10圖 1.5% B 試料の焼入温度による焼戻温度と硬度との関係

Fig. 10 Relation between Tempering Temperature, Hardness and Quenching Temperature of Specimen Containing 1.5% B.



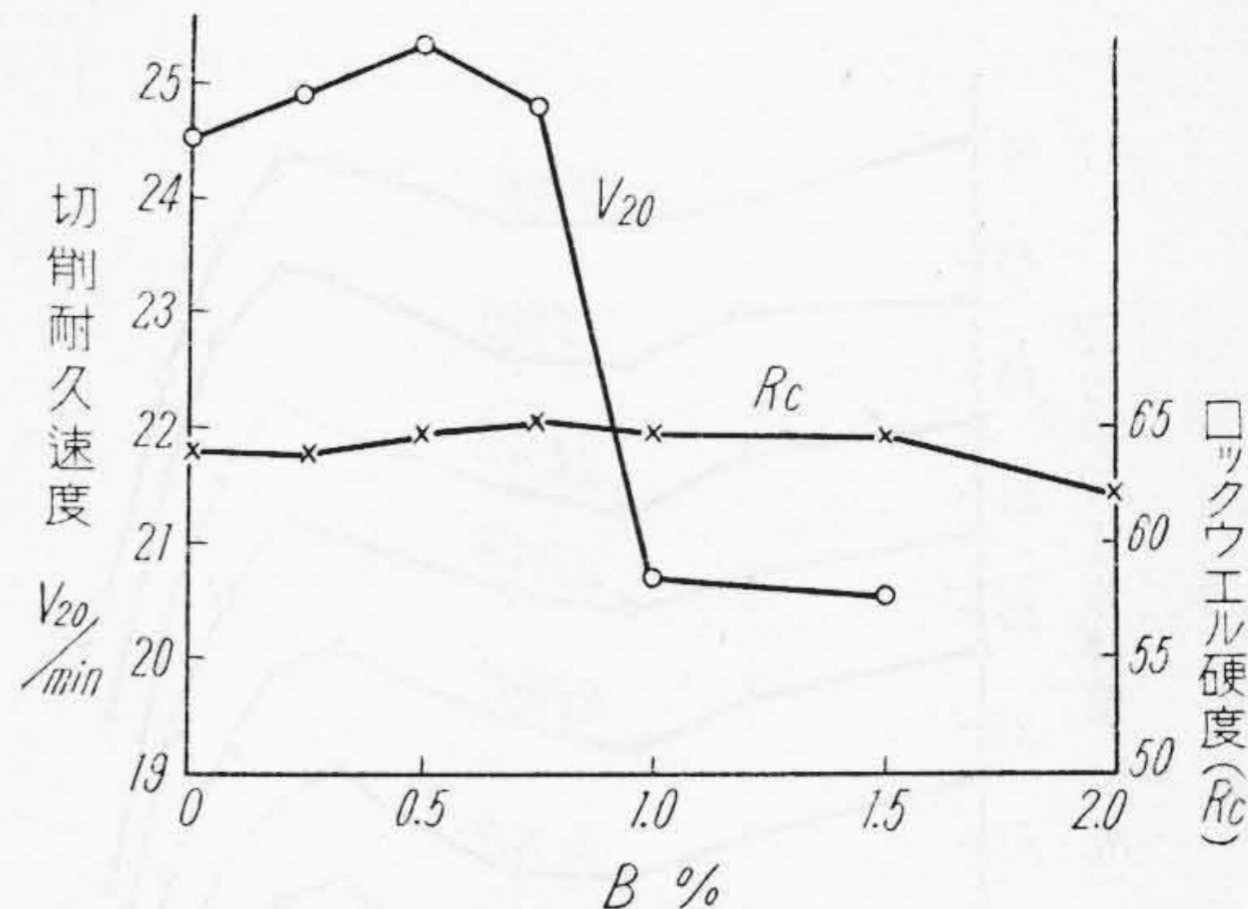
第11圖 1,230°C より焼入した各試料の 600°C に於ける焼戻時間と硬度との関係

Fig. 11 Relation between Tempering Time and Hardness of Specimen Tempered at 600°C after Quenched from 1,230°C.

次に 1,230° より油中焼入した各試料の 600° の温度に於ける焼戻時間と硬度との関係を第 11 圖に示す。但し各曲線は 5 目盛宛らずして圖示した。硼素量 2.0 及び 2.5% の試料は他のスケールによつて示した。硼素約 1.5% までは概ね最初より時間と共に硬度を減少し軟化する、硼素約 2 及び 2.5% の場合は時間と共に僅か増大する。然し前述の如く焼入硬度は低く、焼戻による硬度も低い。

(B) 切削耐久力に及ぼす硼素の影響

各切削工具試料を 1,250°C より油中焼入し、550° に 2 回焼戻を繰返した。但し硼素 2.0 及び 2.5% の試料は焼入温度を 1,150° とした。第 12 圖は硼素量と硬度及び切削耐久力との関係を示す。硬度は前述と同様硼素約



第12圖 B 量と硬度及び切削耐久力との関係

Fig. 12 Relation between Content of B, Hardness and Cutting Durability.

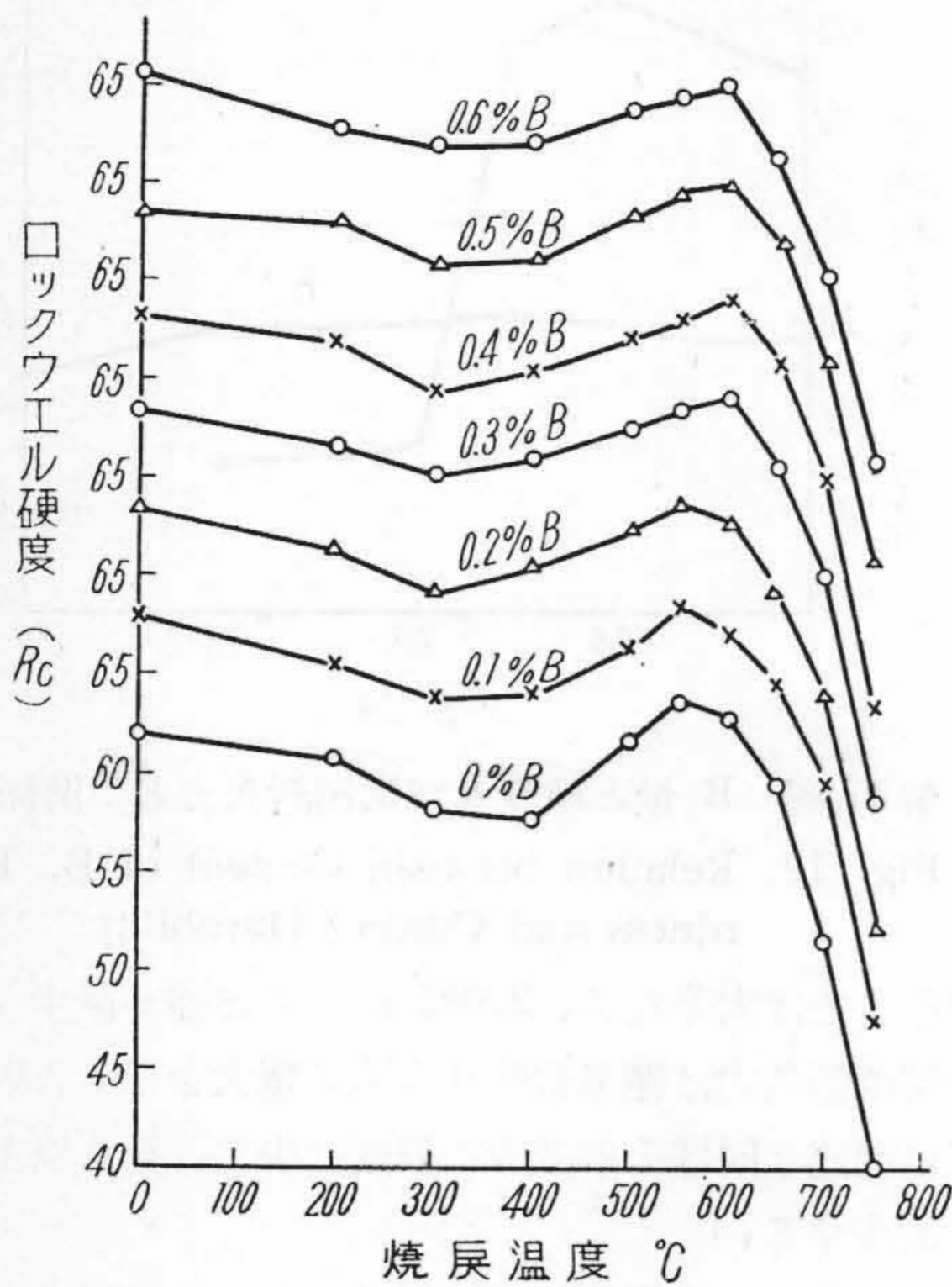
1.5% までは大差なく、2.0% になると僅か減少する。一方切削耐久力は硼素量約 0.5% で極大を示し、0.75% までは前述と同様その減少の程度は少く、それ以上は急激に減少する。

次に各試料の顕微鏡組織を観測したが、前述のコバルトを含まない場合と同様、硼素を含まない場合は微細なマルテンサイト組織をなすも、0.5% 含有すると複炭化物粒子は粗大となり、恰も高炭素合金とよく類似して来る。硼素 1% になると前述の通り異常組織をなし、切削耐久力を著しく減少する、又 2% に増加すると共晶炭化物を増し、焼入硬度も低いが、焼戻によつても殆んど硬化しない。これらの理由は前に述べた通りである。

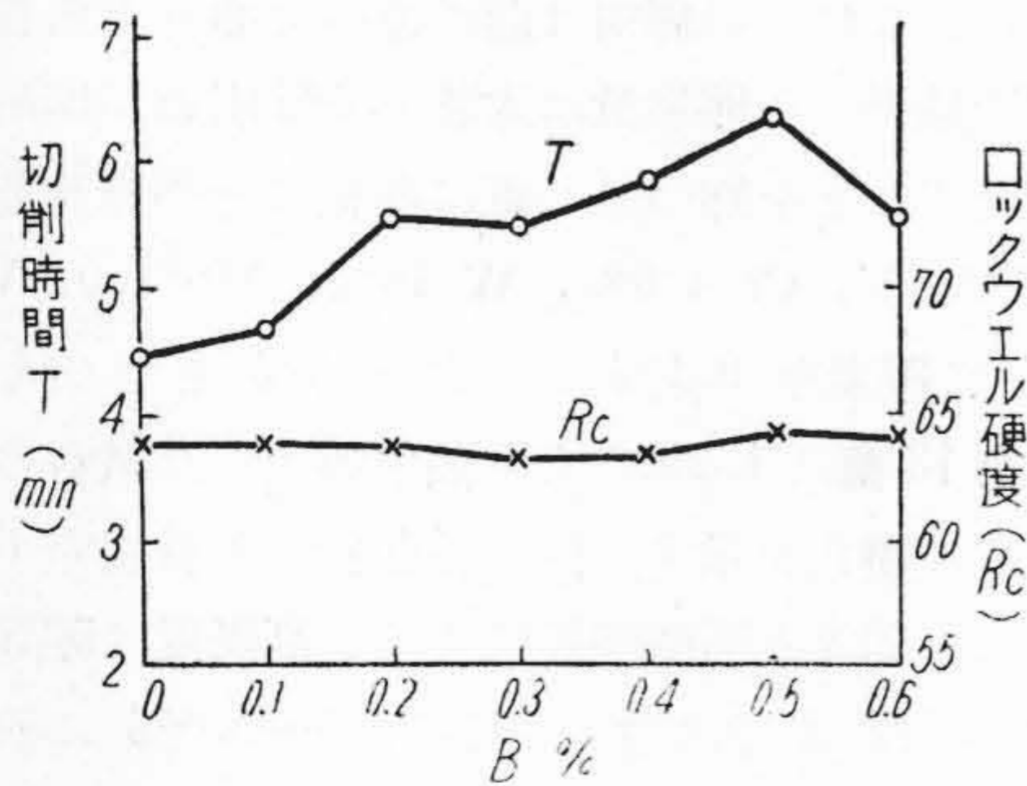
上述の結果から硼素量は大体 0.5% 附近が切削耐久力最も大なることを知つたが更に精細にその最適量を確める爲 C 0.8%, Cr 4.0%, W 10%, Mo 1.0, V 1.5% Co 5% に硼素を 0.1% おきに 0.6% までの試料を造つた。第 13 圖は 1,290° より油中焼入した試料の焼戻による硬度の變化を示す。但し各曲線は 5 目盛宛らずして圖示した。前述と同様焼戻による最高硬度は硼素量を増す程約 0.5% までは増大する。0.5~0.6% に於ては殆んど變りない。而して 0.3% 以上は最高硬度を示す温度は稍高い方に移動する。次に各切削工具試料を 1,290° より油中焼入し、硼素 0~0.2% までは 550° に、又 0.3~0.6% の試料は 600° に焼戻した。硼素量と硬度及び切削耐久力との関係を第 14 圖に示す。硬度は硼素量によつて殆んど變りない。切削耐久力は前述と同様硼素量を増すに従い、増大し、約 0.5% で最高を示す。0.6% に於てはかえつて減少する。これらの結果より硼素の最適量は約 0.5% なることが確認される。

[IV] ジルコニウムの影響

鋼に對するジルコニウムの作用は硅素と似ていると云



第 13 圖 焼戻温度と硬度との関係 (焼入温度 1,290°C)
(C 0.8, Cr 4, W 10, Mo 1, V 1.5, Co 5%)
Fig. 13 Relation between Tempering Temperature and Hardness. (Quenching Temperature 1,290°C).
(C 0.8, Cr 4, W 10, Mo 1, V 1.5, Co 5%)



第 14 圖 B 量と硬度及び切削耐久力との関係
Fig. 14 Relation between Content of B, Hardness and Cutting Durability.

われ、硼素と同様強い脱酸劑として知られている。Becket⁽¹¹⁾によるとジルコニウムは鋼浴中の酸素及び窒素の殆んど全部を奪取する。Field⁽¹²⁾もジルコニウムを添加した鋼塊中の酸素はジルコニウムを添加しない場合よりも非常に少いと報じている。又ジルコニウムは脱硫作用も強く、ジルコニウム 0.22% を含むときは硫黄の含有量が 0.2% であつても尙壓延することが出来たが、ジルコニウムを含まない鋼塊は壓延が出来なかつたと云つて

いる。

高速度鋼に及ぼすジルコニウムの影響に就ては殆んどその研究の發表を見ない。著者はそれ故前述の低タングステン高速度鋼及び高タングステン高速度鋼に及ぼすジルコニウムの影響を研究した。

(1) コバルトを含まない低タングステン高速度鋼に及ぼすジルコニウムの影響

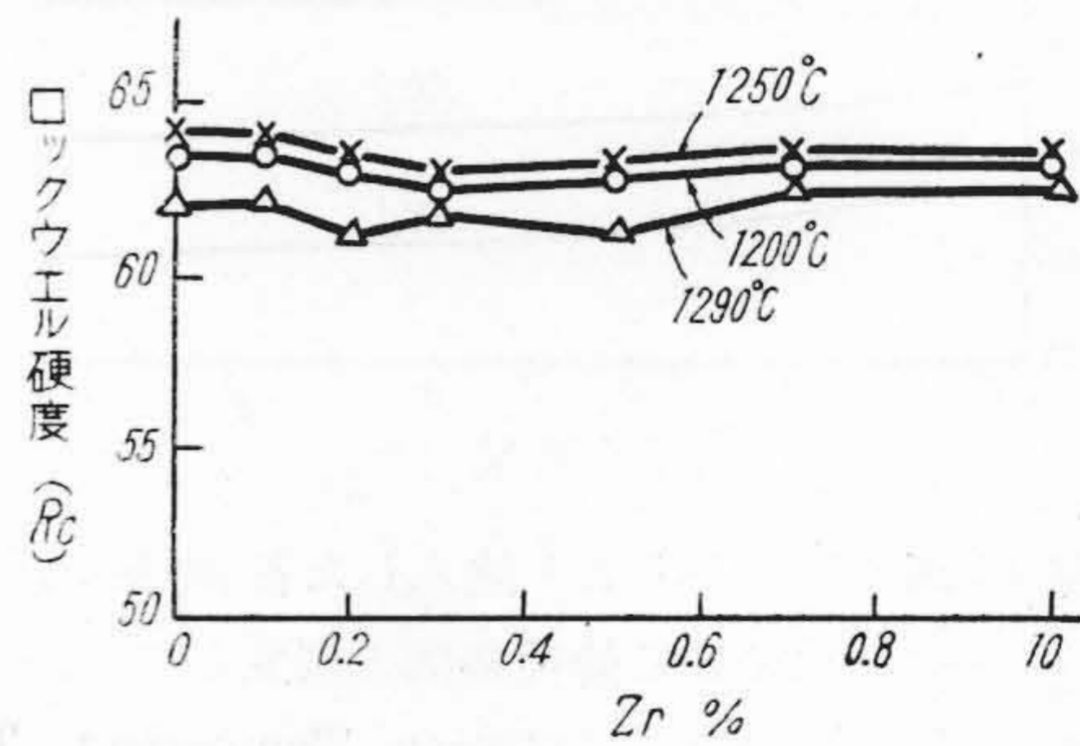
試料の化學成分を第 3 表に示す。但しジルコニウムは配合成分を以て示した。

第 3 表 化學成分 Table 3 Chemical composition

試料	C	Cr	W	Mo	V	Zr
FZ 1	0.76	4.49	9.95	1.11	1.39	0.00
// 2	0.75	4.51	10.67	1.10	1.37	0.10
// 3	0.72	4.51	9.17	1.10	1.32	0.20
// 4	0.77	4.50	10.47	1.12	1.37	0.30
// 5	0.70	4.50	10.71	1.14	1.40	0.50
// 6	0.69	4.50	10.51	1.12	1.36	0.70
// 7	0.67	4.49	10.43	1.13	1.27	1.00

(A) 焼入及び焼戻温度と硬度

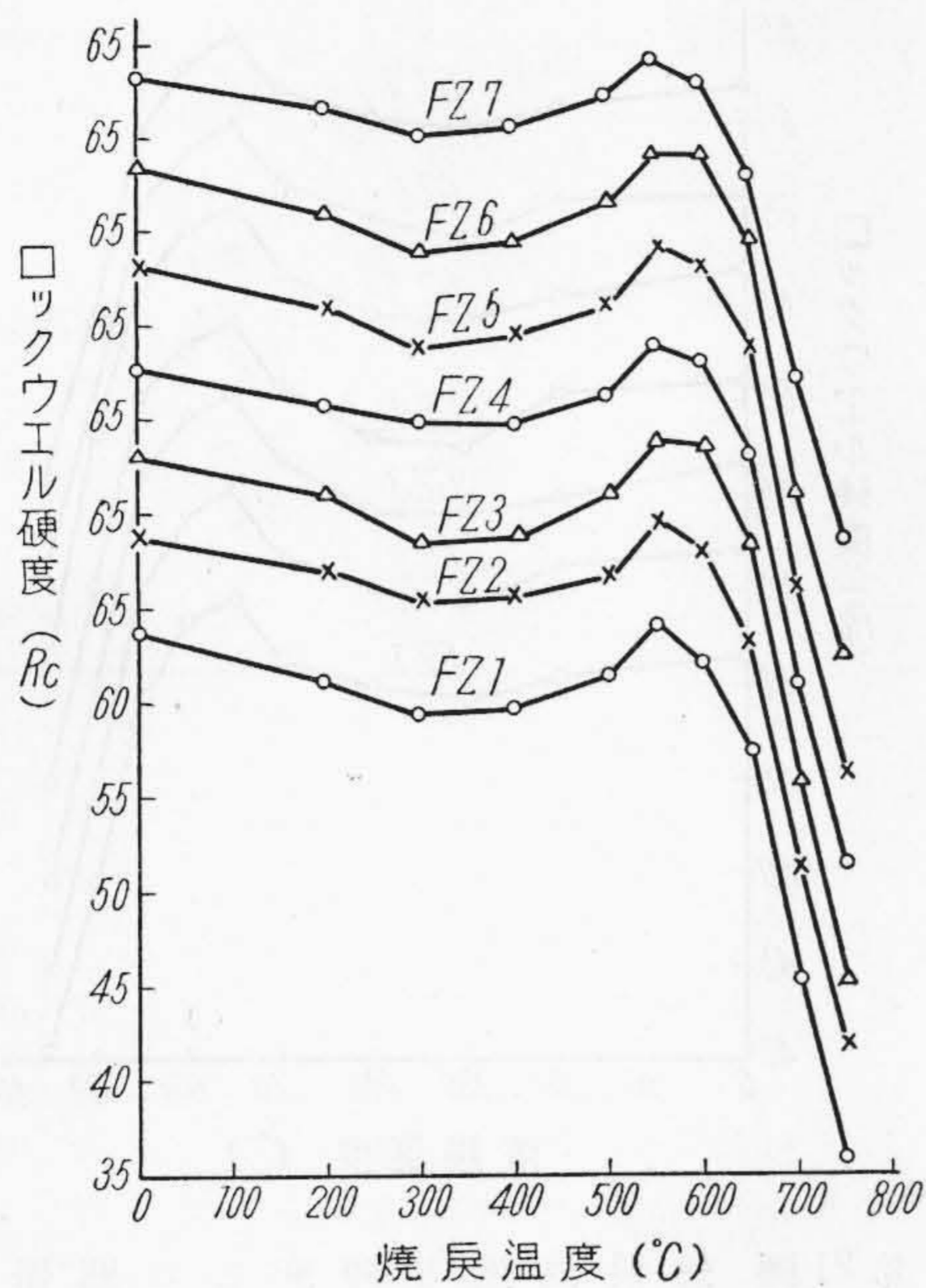
各試料の焼入温度と硬度との関係を第 15 圖に示す。ジルコニウム約 1% までは焼入硬度には餘り大差ない。



第 15 圖 Zr 量と焼入硬度との関係
Fig. 15 Relation between Content of Zr and Quenching Hardness.

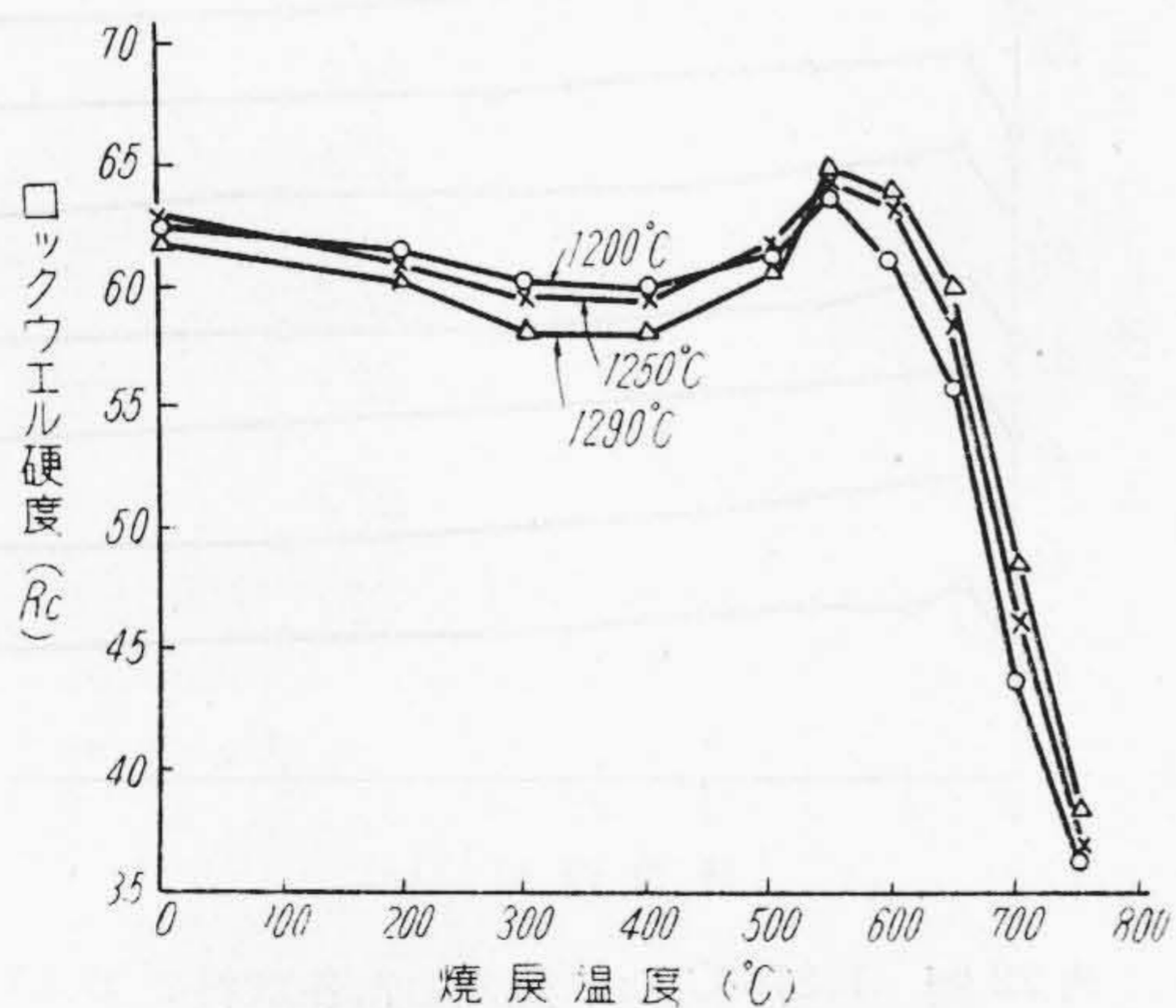
次に 1,250° より焼入した各試料の焼戻による硬度の變化を第 16 圖に示す。但し各曲線は 5 目盛宛ずらして圖示した。焼戻による最高硬度はジルコニウムによつて大差なく、且つその最高硬度を示す焼戻温度も 550° で殆んど同様である。従つて焼戻硬化度もジルコニウム量によつて殆んど變りない。

次に焼入温度の焼戻硬度に及ぼす影響の一例としてジルコニウム約 0.3% の試料に就ての結果を第 17 圖に示す。焼戻による硬度は焼入温度を上昇する程高く、何れも 550° で最高を示す。即ち焼入温度を上昇する程残留オーステナイトの量を増加し、焼戻によつて硬度を増大する。



第16圖 焼戻温度と硬度との関係
(焼入温度 1,250°C)

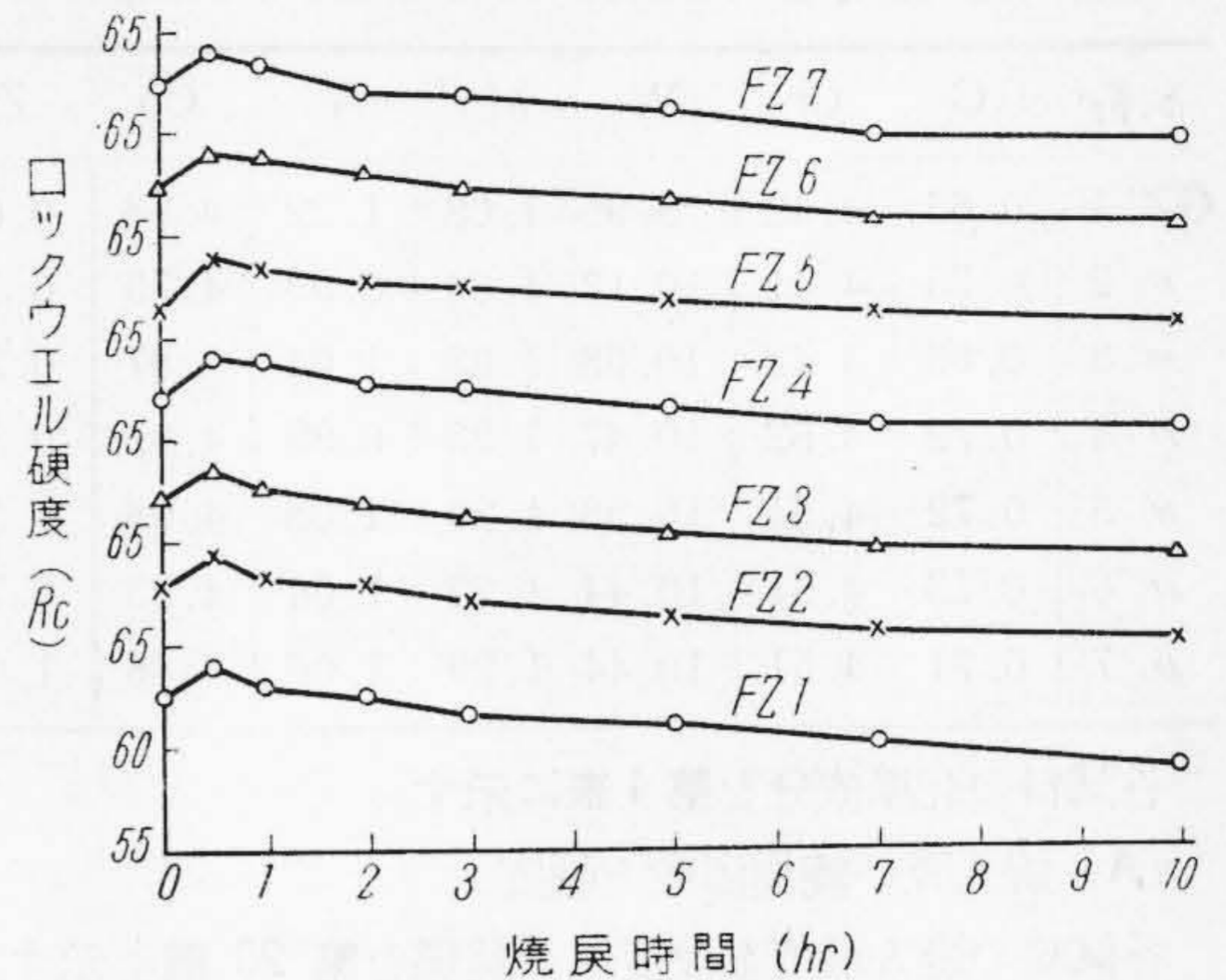
Fig. 16 Relation between Tempering Temperature and Hardness.
(Quenching Temperature 1,250°C)



第17圖 0.3% Zr 試料の焼入温度による焼戻温度と硬度との関係

Fig. 17 Relation between Tempering Temperature, Hardness Quenching Temperature of Specimen Containing 0.3% Zr.

次に 1,270° より油中焼入した各試料の 600° の焼戻温度に於ける焼戻時間と硬度との関係を第 18 圖に示す。各曲線は 5 目盛宛ずらして圖示した。各試料共最初 30 分 (1 回で) で最高硬度を示し、それより時間と共に漸



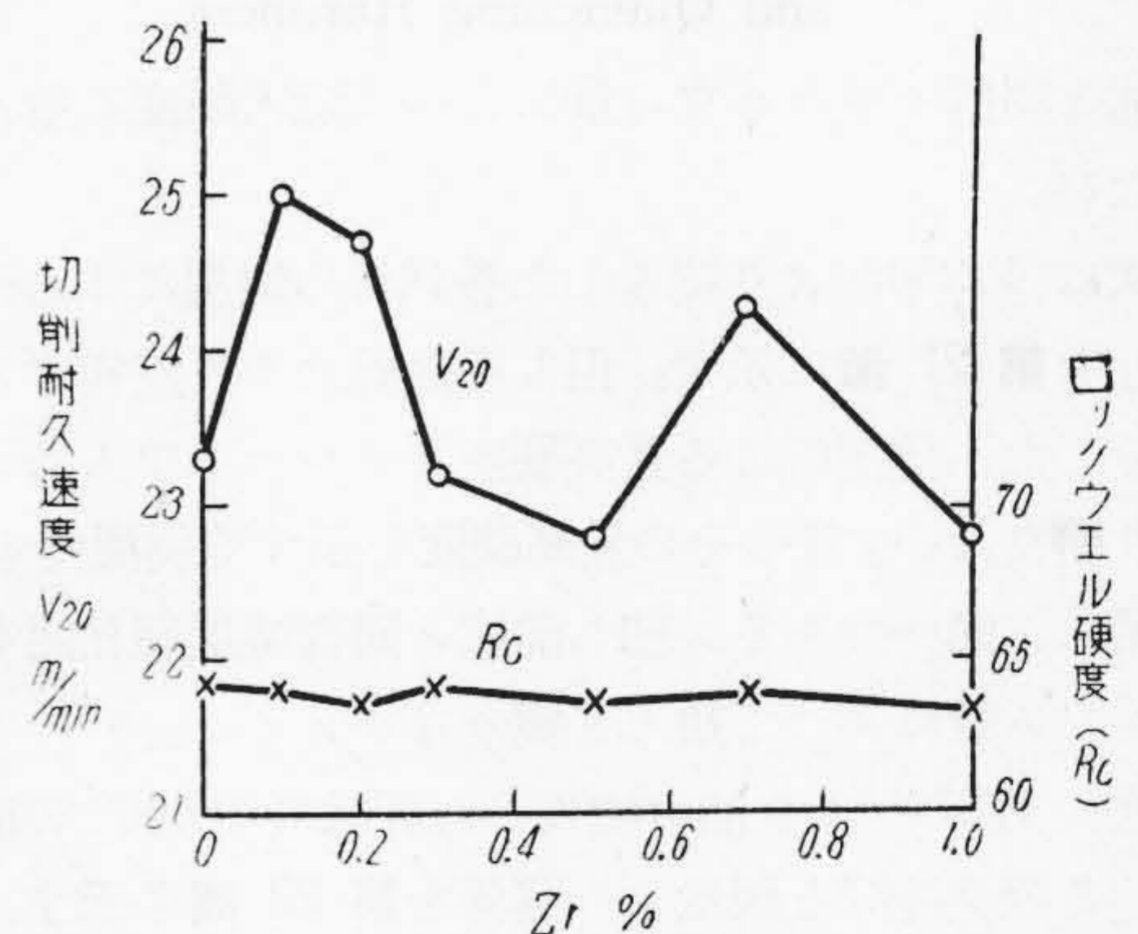
第18圖 1,270°C より焼入した各試料の 600°C に於ける焼戻時間と硬度との関係

Fig. 18 Relation between Tempering Time and Hardness of Specimen Tempered at 600°C after Quenched from 1,270°C.

次硬度を減少する。而して圖より明らかにジルコニウム量によつて焼戻軟化に對する抵抗は殆んど變りない。

(B) 切削耐久力に及ぼすジルコニウムの影響

各切削工具試料を 1,290° より油中焼入し、550° に 2 回焼戻を繰返した。切削耐久試験の結果を第 19 圖に



第19圖 Zr と硬度及び耐久力との関係

Fig. 19 Relation between Content of Zr, Hardness and Cutting Durability.

示す。硬度はジルコニウム量約 1.0% までは餘り大差ない。切削耐久力はジルコニウム約 0.1~0.2% に於て著しく増大し、0.3% 以上は再び急激に減少する。尙各切削工具試料の顯微鏡組織を觀測したが、ジルコニウム量によつて餘り明確な差異が認められなかつた。何れも微細なマルテン組織を示す。

(2) コバルト 5% を含む低タングステン高速度鋼に及ぼすジルコニウムの影響

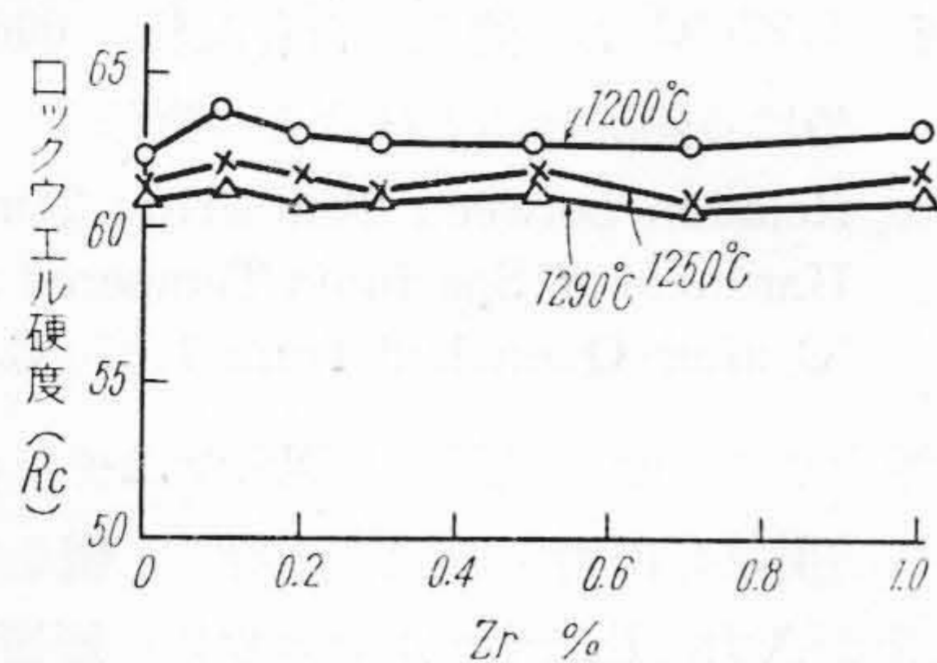
第 4 表 化學成分 Table 4 Chemical composition.

試料	C	Cr	W	Mo	V	Co	Zr
GZ 1	0.65	4.42	9.95	1.08	1.22	4.83	0.00
// 2	0.73	4.41	10.17	1.04	0.99	4.75	0.10
// 3	0.68	4.42	10.08	1.03	1.04	4.87	0.20
// 4	0.72	4.52	10.47	1.23	0.99	4.85	0.30
// 5	0.72	4.51	10.58	1.29	1.08	4.98	0.50
// 6	0.73	4.51	10.44	1.22	1.04	4.93	0.70
// 7	0.71	4.51	10.44	1.29	1.06	4.86	1.00

各試料の化學成分を第 4 表に示す。

(A) 焼入及び焼戻温度と硬度

各試料の焼入温度と硬度との關係を第 20 圖に示す。



第 20 圖 Zr 量と焼入硬度との關係
Fig. 20 Relation between Content of Zr and Quenching Hardness.

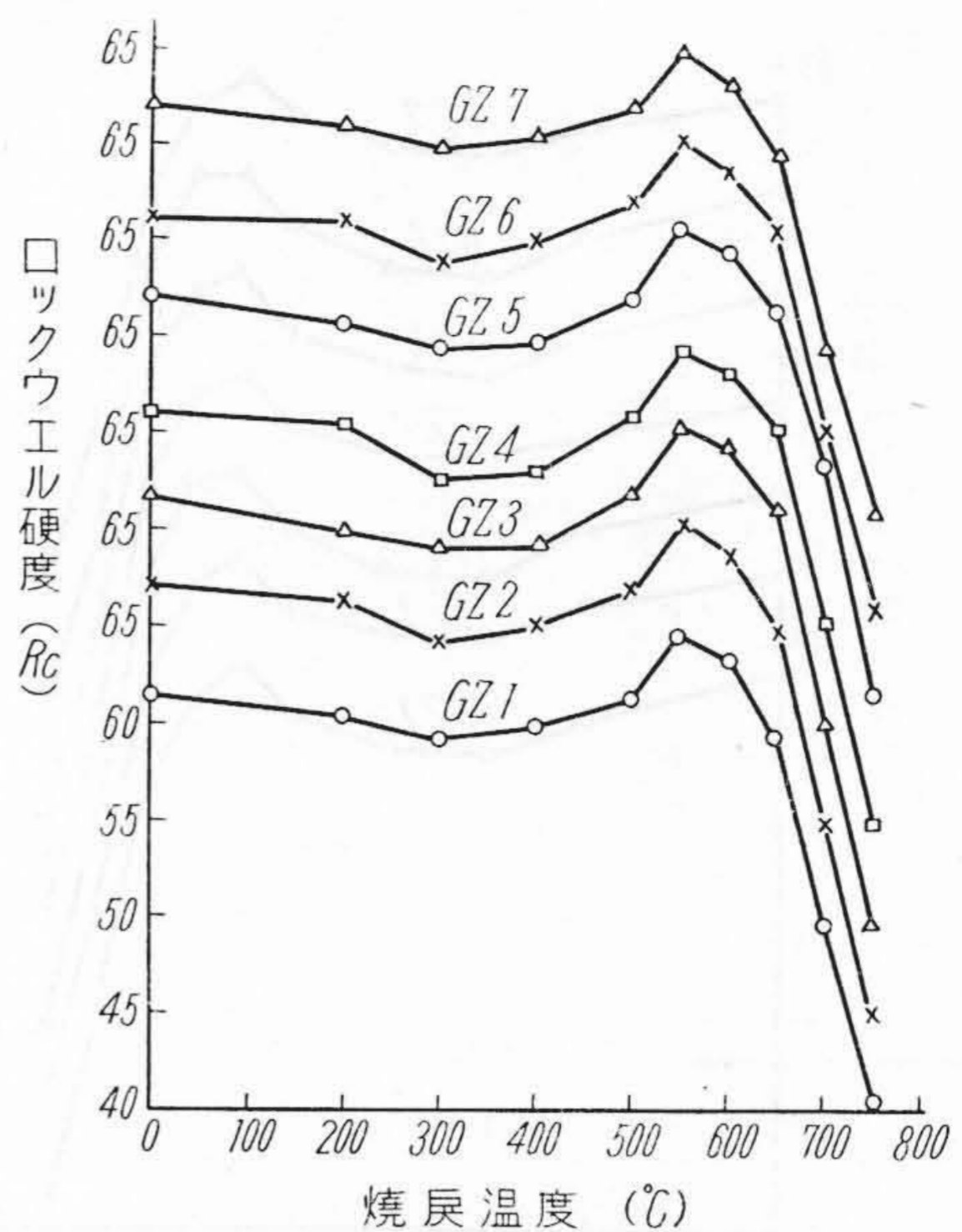
前述と同様ジルコニウム量によつて焼入硬度に殆んど大差ない。

次に 1,250° より焼入した各試料の焼戻による硬度の變化を第 21 圖に示す。但し各曲線は 5 目盛宛らずして圖示した。焼戻による最高硬度はジルコニウムによつて餘り變りない。且つその最高硬度を示す焼戻温度も 550° で殆んど同一である。即ち前述と同様焼戻硬化度もジルコニウム量によつて殆んど變りない。

次に 1,270° より油中焼入した各試料の 600° の温度に於ける焼戻時間と硬度との關係を第 22 圖に示す。前述と同様何れも 30 分で焼戻による最高硬度を示し、それ以後は時間と共に漸次減少する。又焼戻による最高硬度も前述と同様ジルコニウム量によつて大差なく、従つて焼戻軟化に對する抵抗も殆んど大差ないことが判る。

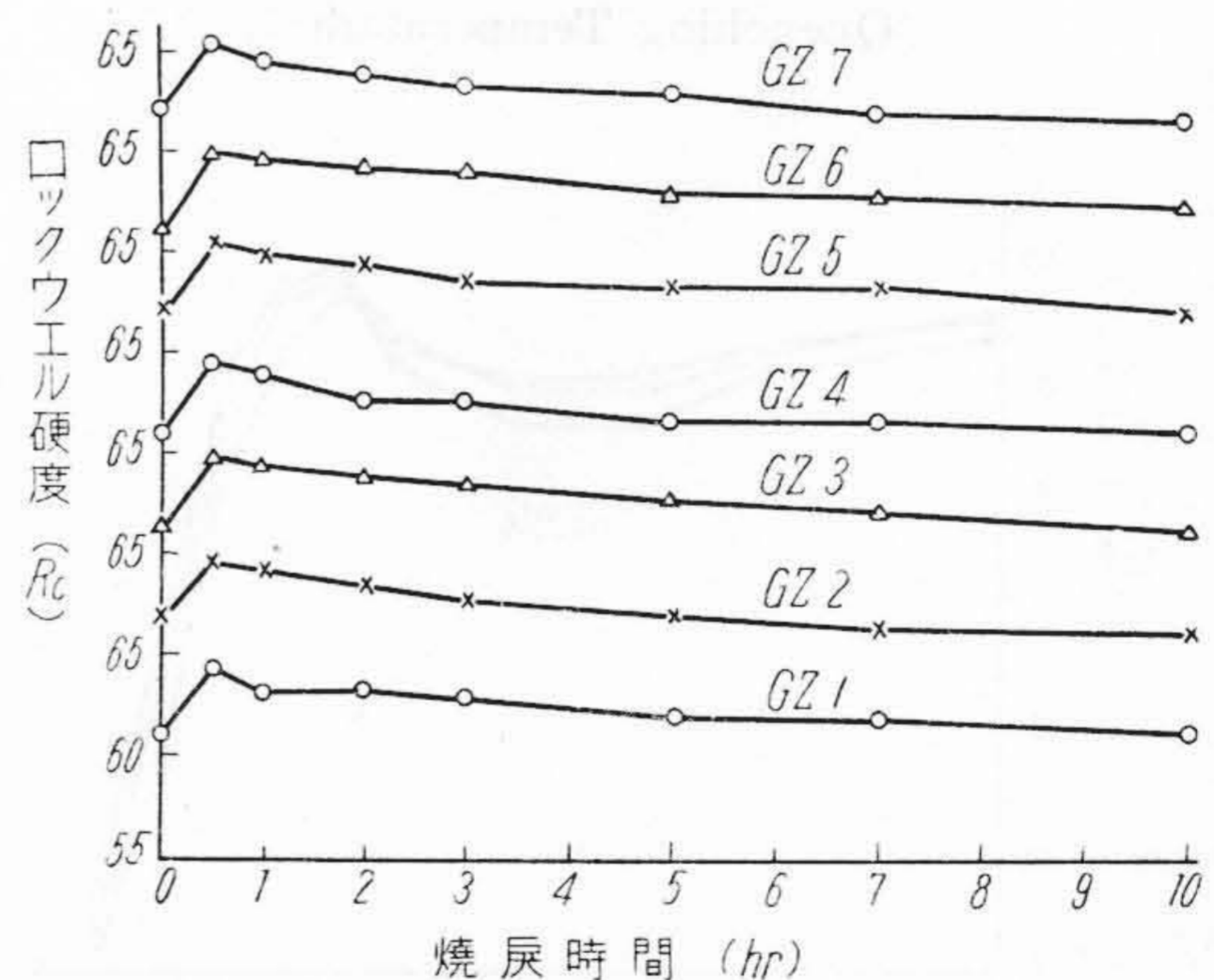
(B) 切削耐久力に及ぼすジルコニウムの影響

各切削工具試料を 1,290° より油中焼入し、550° に 2 回焼戻を繰返した。第 23 圖はジルコニウム量と硬度及び切削耐久力を示す。硬度はジルコニウム量によつて殆んど變化ない。一方切削耐久力はジルコニウム 0.1~0.3% の添加によつて可成り増大するのが見られる。0.5% 以上は稍減少する。これらの結果より少量のジルコニウムの添加は切削耐久力を高めることが確認される。尙



第 21 圖 焼戻温度と硬度との關係
(焼入温度 1,250°C)

Fig. 21 Relation between Tempering Temperature and Hardness.
(Quenching Temperature 1,250°C)



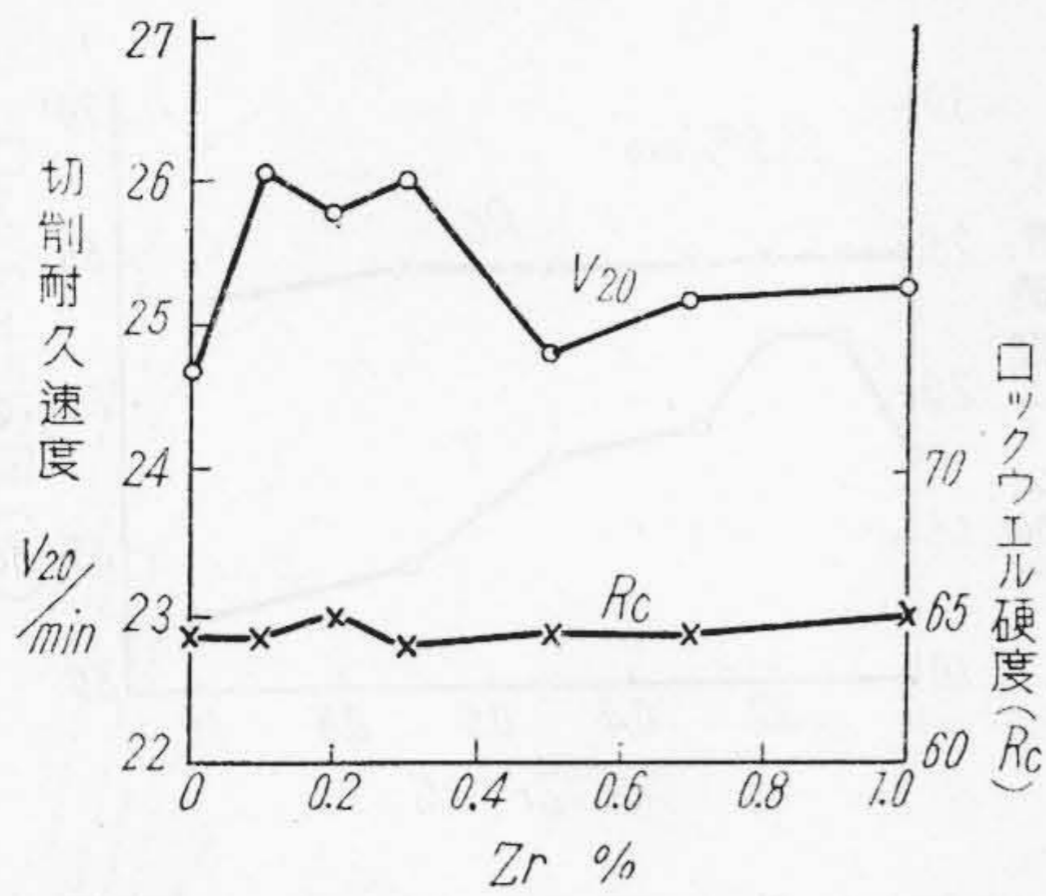
第 22 圖 1,270°C より焼入した各試料の 600°C に於ける焼戻時間と硬度との關係

Fig. 22 Relation between Tempering Time and Hardness of Specimen Tempered at 600°C after Quenched from 1,270°C.

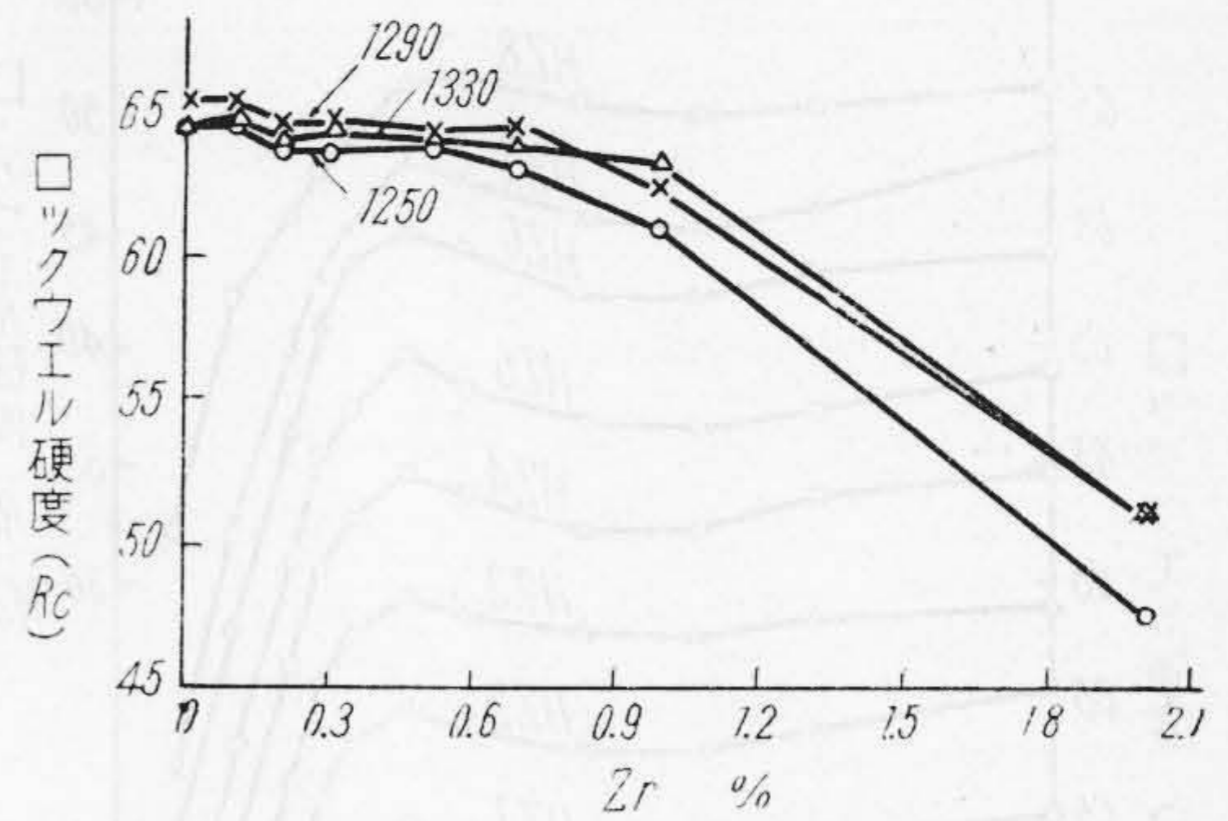
顯微鏡組織を觀測したが、何れも餘りジルコニウム量によつて大差ないことが認められた。

(3) 18% タングステン含有高速度鋼に及ぼすジルコニウムの影響

コバルト 0 及び 5% を含む 2 種の高タングステン高



第23圖 Zr 量と硬度及び耐久力との関係
Fig. 23 Relation between Content of Zr Hardness and Cutting Durability.



第24圖 Zr と焼入硬度との関係
Fig. 24 Relation between Content of Zr and Quenching Hardness.

第5表 化学成分 Table 5 Chemical composition.

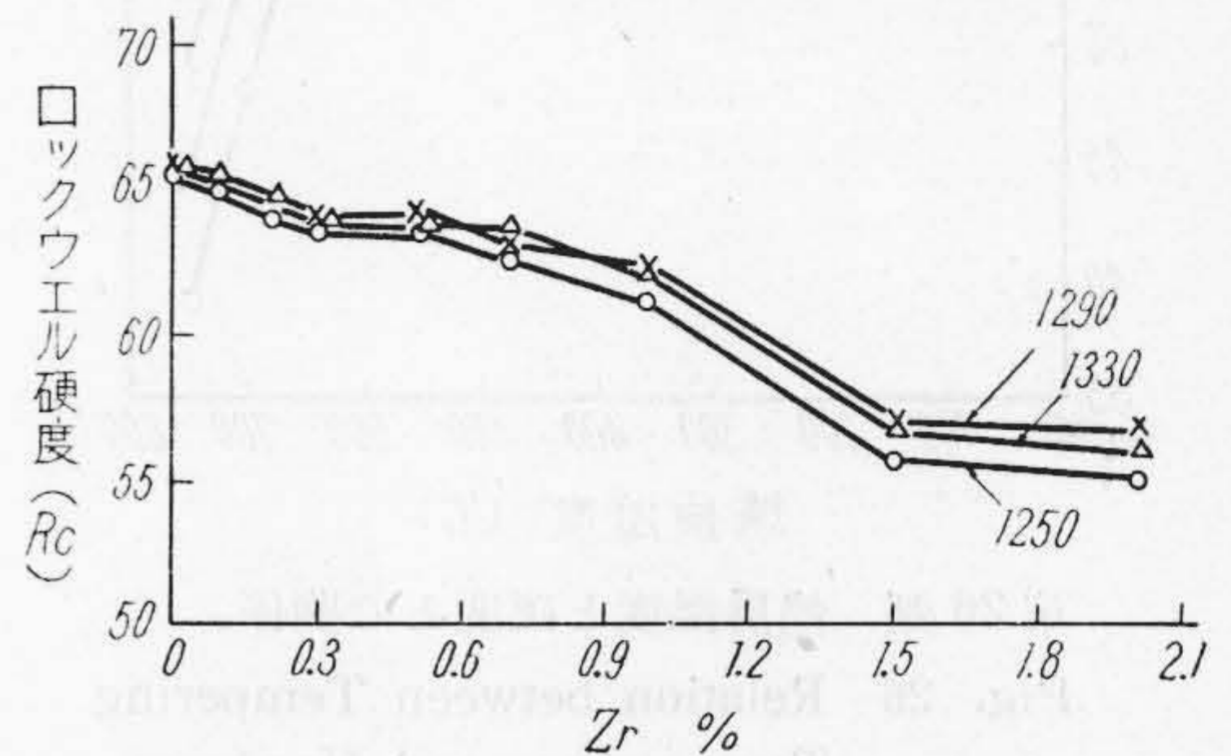
試料	C	Cr	W	V	Co	Zr
HZ 1	0.80	4.00	18.00	1.50	0	0.00
// 2	//	//	//	//	//	0.10
// 3	//	//	//	//	//	0.20
// 4	//	//	//	//	//	0.30
// 5	//	//	//	//	//	0.50
// 6	//	//	//	//	//	0.70
// 7	//	//	//	//	//	1.00
// 8	//	//	//	//	//	1.50
KZ 1	0.80	4.00	18.00	1.50	5.00	0.00
// 2	//	//	//	//	//	0.10
// 3	//	//	//	//	//	0.20
// 4	//	//	//	//	//	0.30
// 5	//	//	//	//	//	0.50
// 6	//	//	//	//	//	0.70
// 7	//	//	//	//	//	1.00
// 8	//	//	//	//	//	1.50
// 9	//	//	//	//	//	2.00

速度鋼に及ぼすジルコニウムの影響を見る爲第5表に示す如き試料を調整した。但し成分は二三の試料について分析し配合成分と餘り大差ないことを確めた。

(A) 焼入及び焼戻温度と硬度

第24圖及び第25圖はそれぞれコバルト及び5%の高速度鋼の焼入硬度に及ぼすジルコニウムの影響を示したものである。コバルト0%の場合にはジルコニウム量約0.7%までは餘り大差ないが、1.0%以上は稍急激に減少する、コバルト5%の場合にはジルコニウムを増す程僅かに減少する。殊に1.0%以上稍著しい。

次に第26圖及び第27圖は1,300°より油中焼入した試料の焼戻による硬度の變化を示したものである。焼戻による最高硬度はジルコニウム量約0.7%までは殆んど



第25圖 Zr と焼入硬度との関係
Fig. 25 Relation between Content of Zr and Quenching Hardness.

變りない。それ以上は減少する。殊にジルコニウム1.5%の場合著しい。而して前述と同様何れも550°に於て最高硬度を示す。コバルト5%の場合もほぼ同様である。即ちジルコニウム0.7%までは焼戻による最高硬度は大差なく、その温度も550°で變りない。1.0%以上は硬度を減少し、且つその最高硬度を示す温度も低い方に移動する。

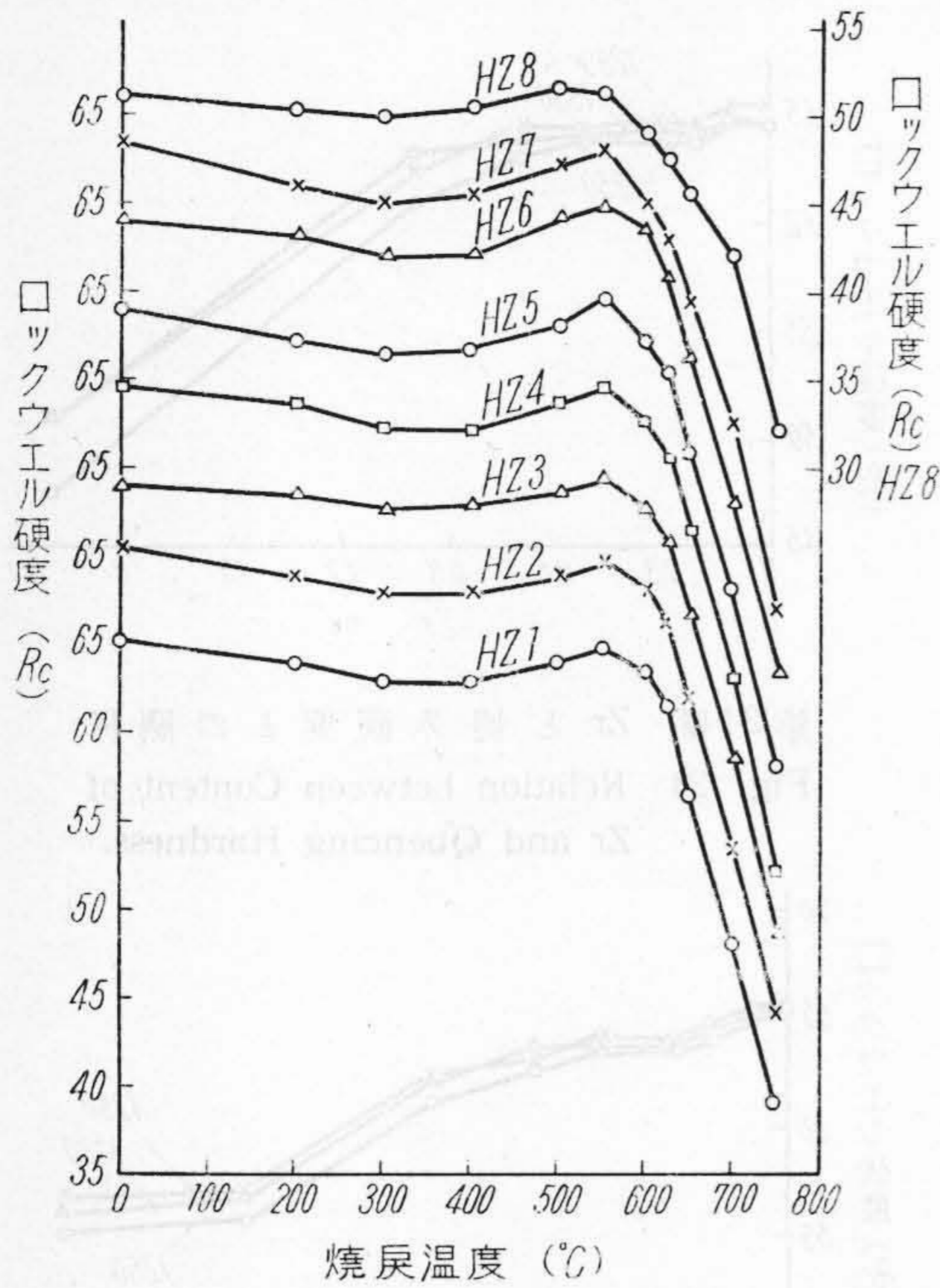
(B) 切削耐久力に及ぼす影響

ジルコニウム量と硬度及び切削耐久力との關係を第28圖及び第29圖に示す。切削耐久力は3回試験の平均値を示す。尙各バイトは1,300°より油中焼入し、570°に2回焼戻を繰返した。硬度は前述と同様兩者共ジルコニウム約0.7%までは大差なく、それ以上は稍減少する。切削耐久力はコバルト0%の場合にはジルコニウム0.1~0.2%、コバルト5%の場合には0.2~0.3%で最高を示す。それ以上はかえつて減少する。殊に1.0%以上は著しい。

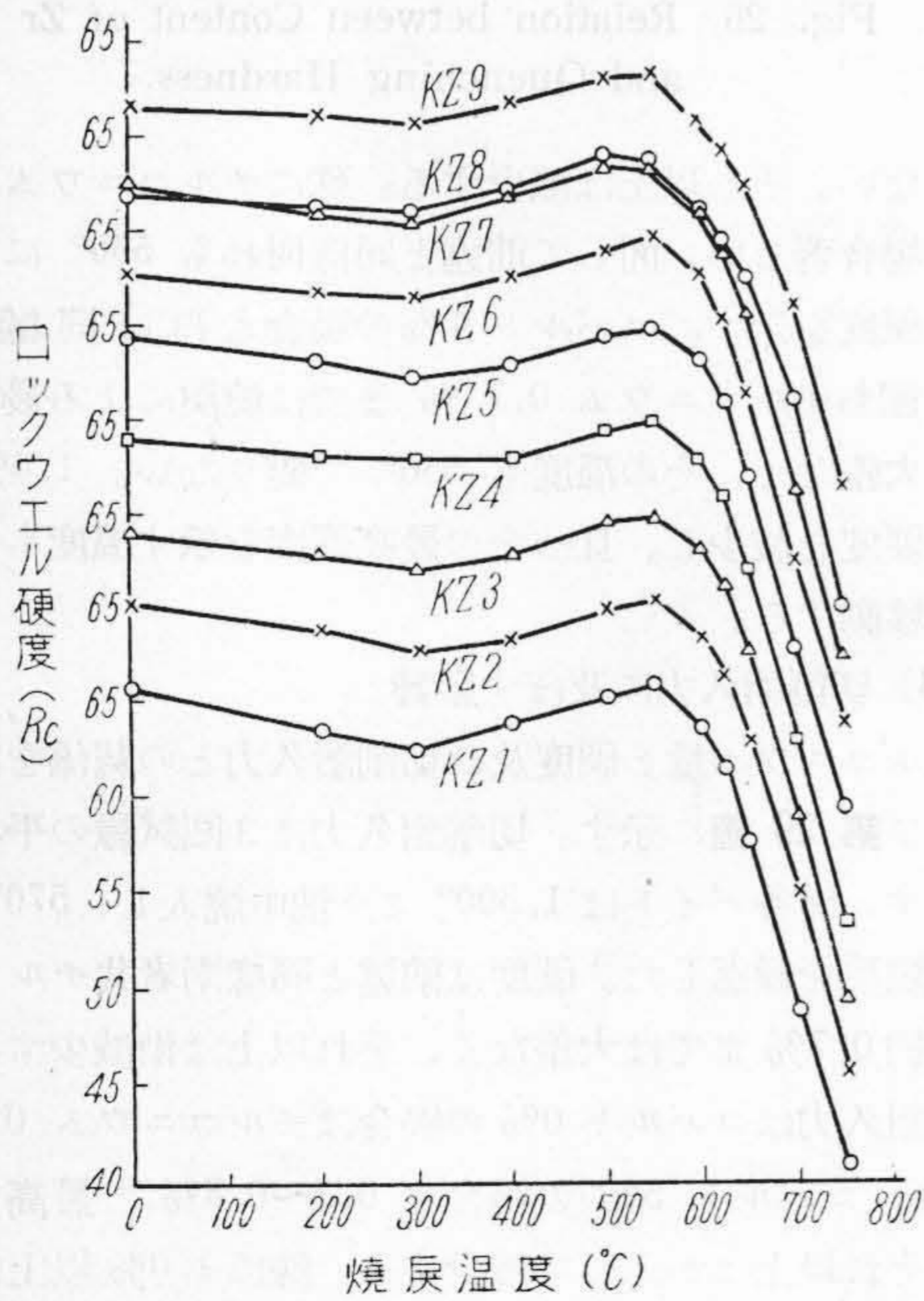
(4) 再び11% タングステン高速度鋼に及ぼすジルコニウム0~2%の影響

試料の化学成分を第6表(71頁参照)に示す。

(A) 焼入及び焼戻温度と硬度

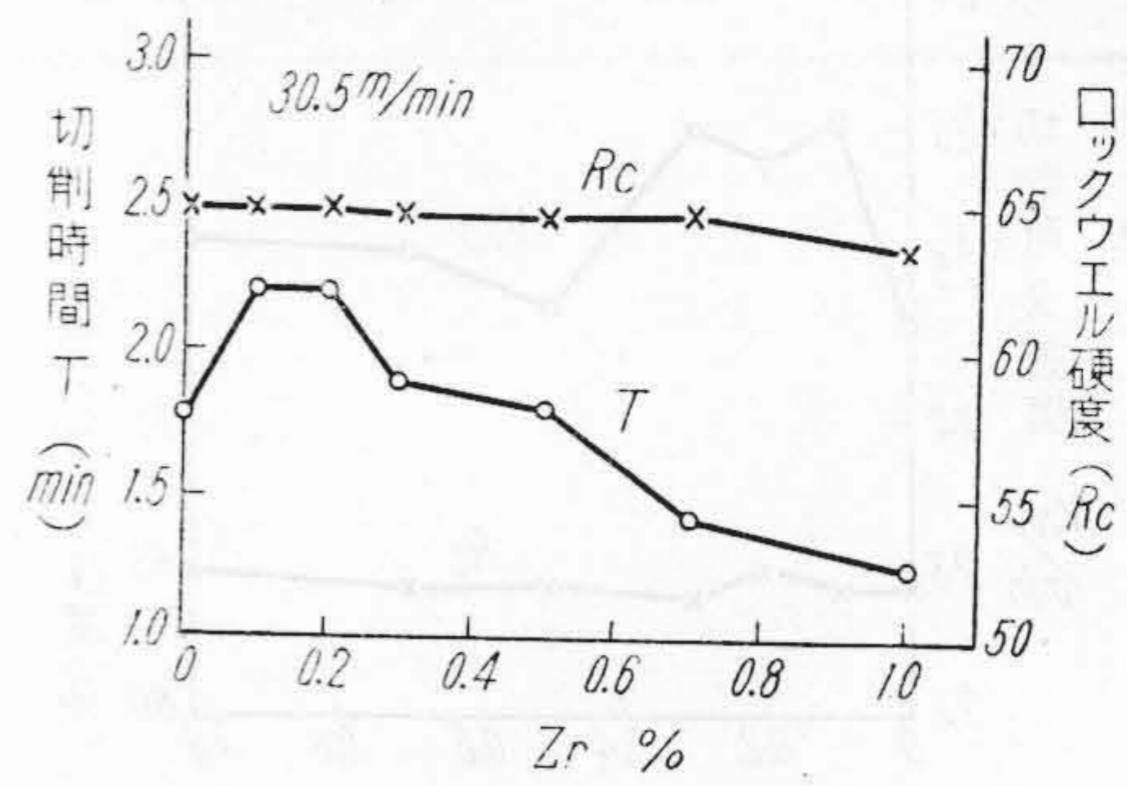


第26圖 焼戻温度と硬度との関係
 Fig. 26 Relation between Tempering Temperature and Hardness.

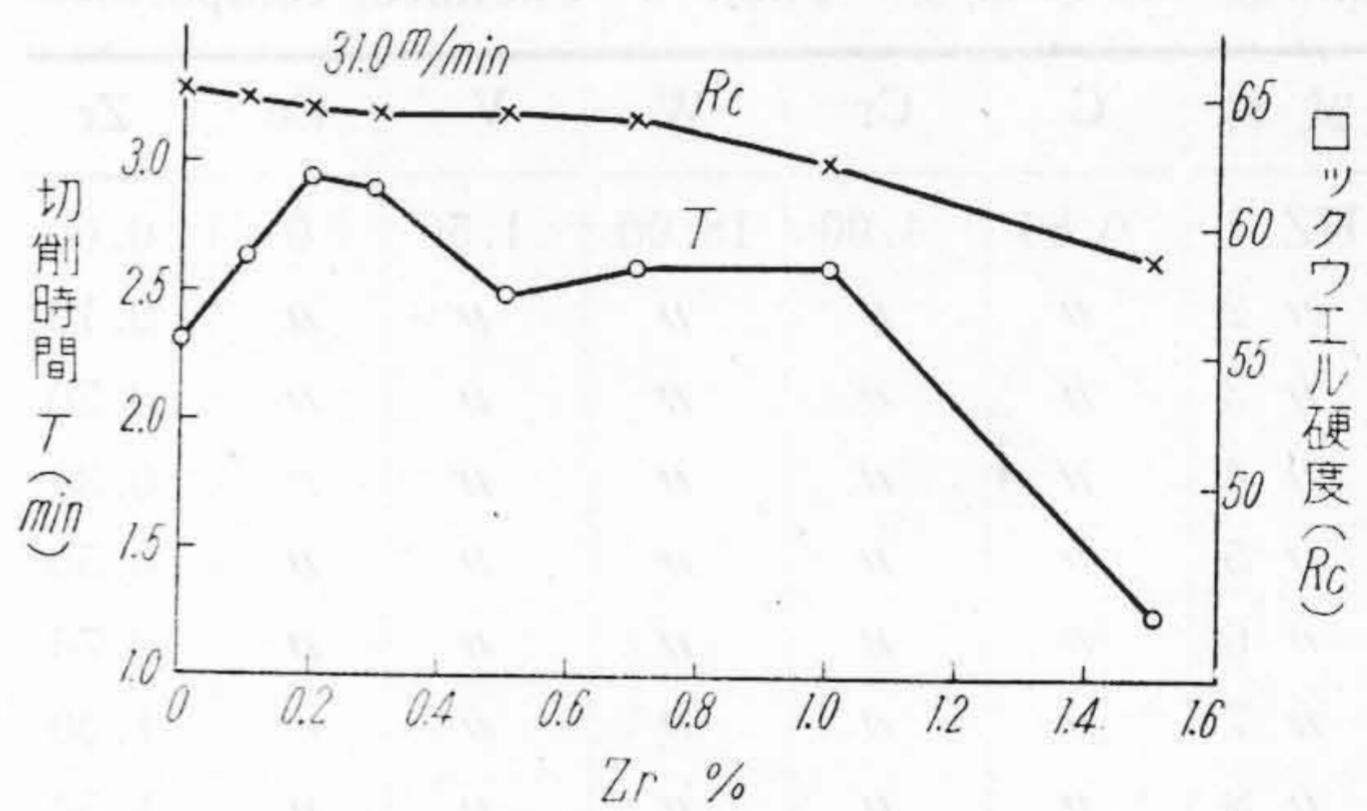


第27圖 焼戻温度と硬度との関係
 Fig. 27 Relation between Tempering Temperature and Hardness.

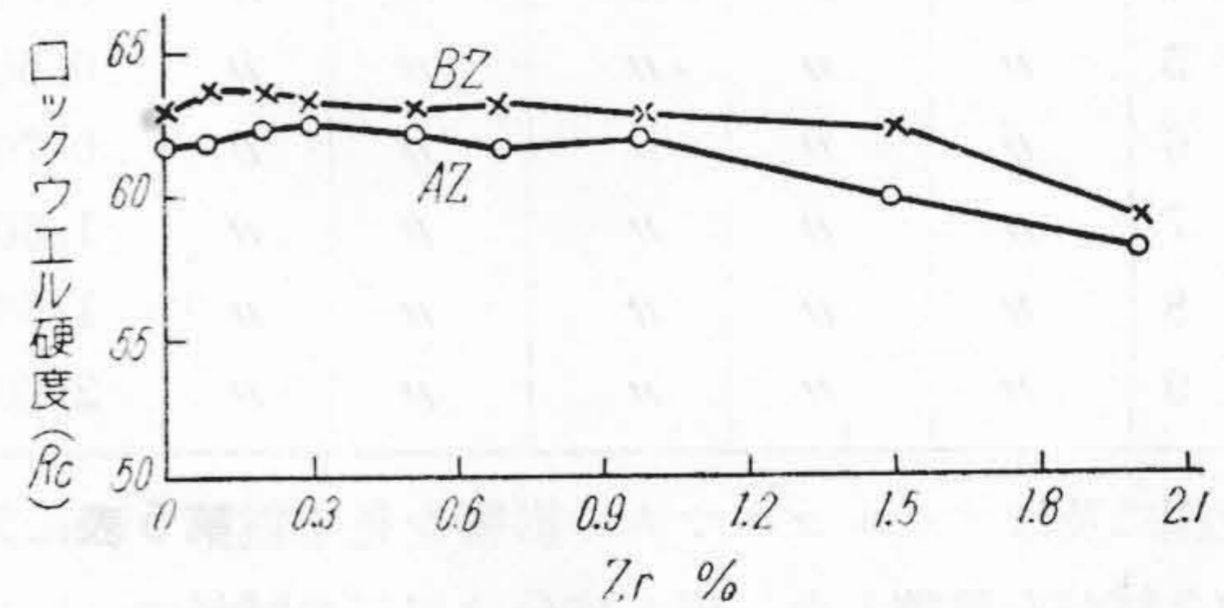
第30圖はコバルト0及び5%の兩者の焼入温度1,290°の場合のジルコニウム量と焼入硬度との関係を示



第28圖 Zr と硬度及び耐久力との関係
 Fig. 28 Relation between Content of Zr, Hardness and Cutting Durability.



第29圖 Zr と硬度及び耐久力との関係
 Fig. 29 Relation between Content of Zr, Hardness and Cutting Durability.



第30圖 Zr と焼入硬度との関係
 (焼入温度 1,290°C)
 Fig. 30 Relation between Content of Zr and Quenching Hardness.
 (Quenching Temperature 1,290°C)

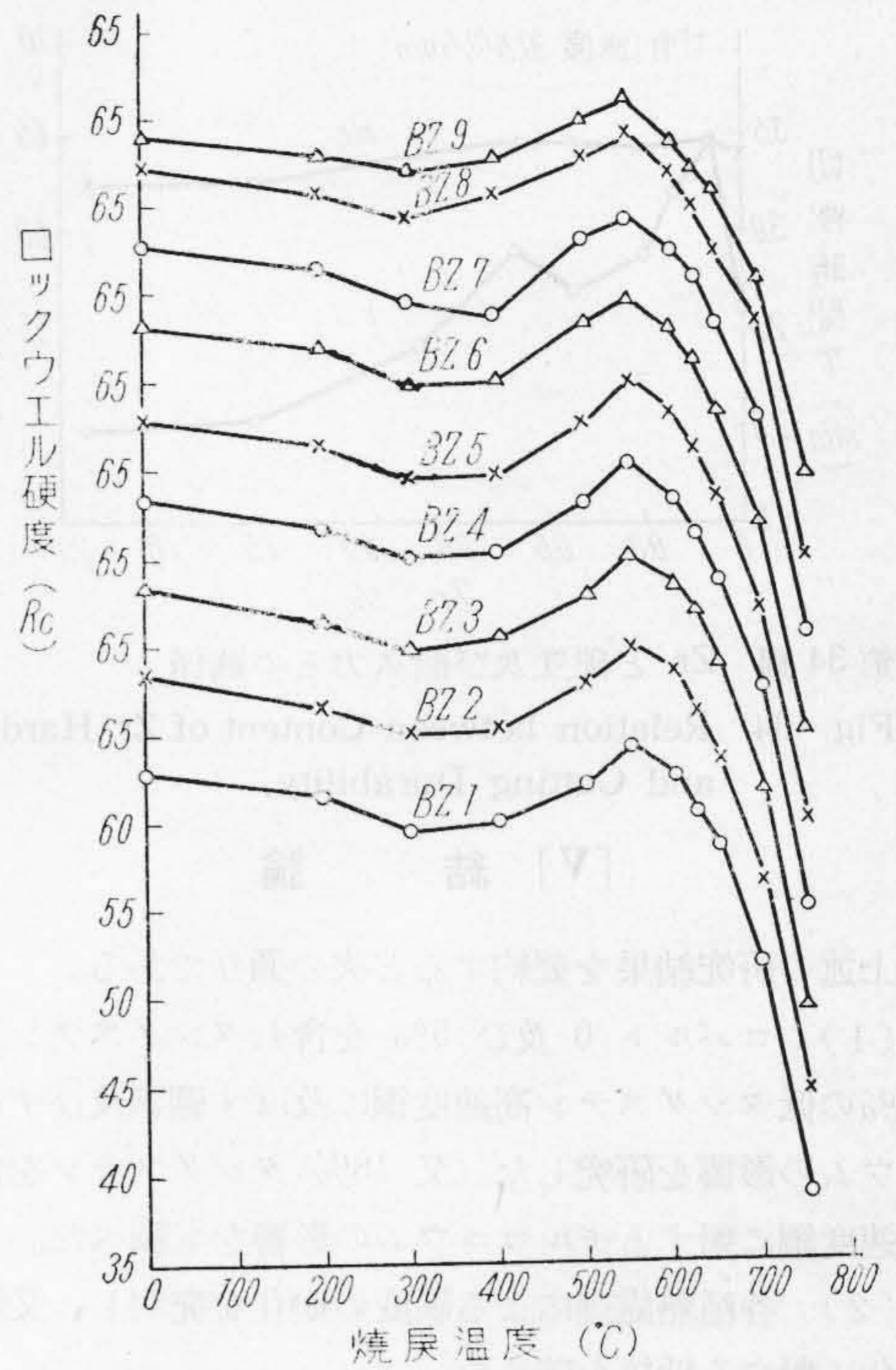
す兩者共前述と同様ジルコニウム量約1.0%までは殆んど變りない。1.5%以上は減少する。次に1,290°より焼入した各試料の焼戻温度と硬度との関係を第31圖及び第32圖に示す。焼戻による最高硬度は兩者共ジルコニウム約0.7%までは殆んど變りない。1.0%以上増加すると稍減少する。而して最高硬度を示す焼戻温度は550°で殆んど變りない。

第6表 化学成分 Table 6 Chemical composition.

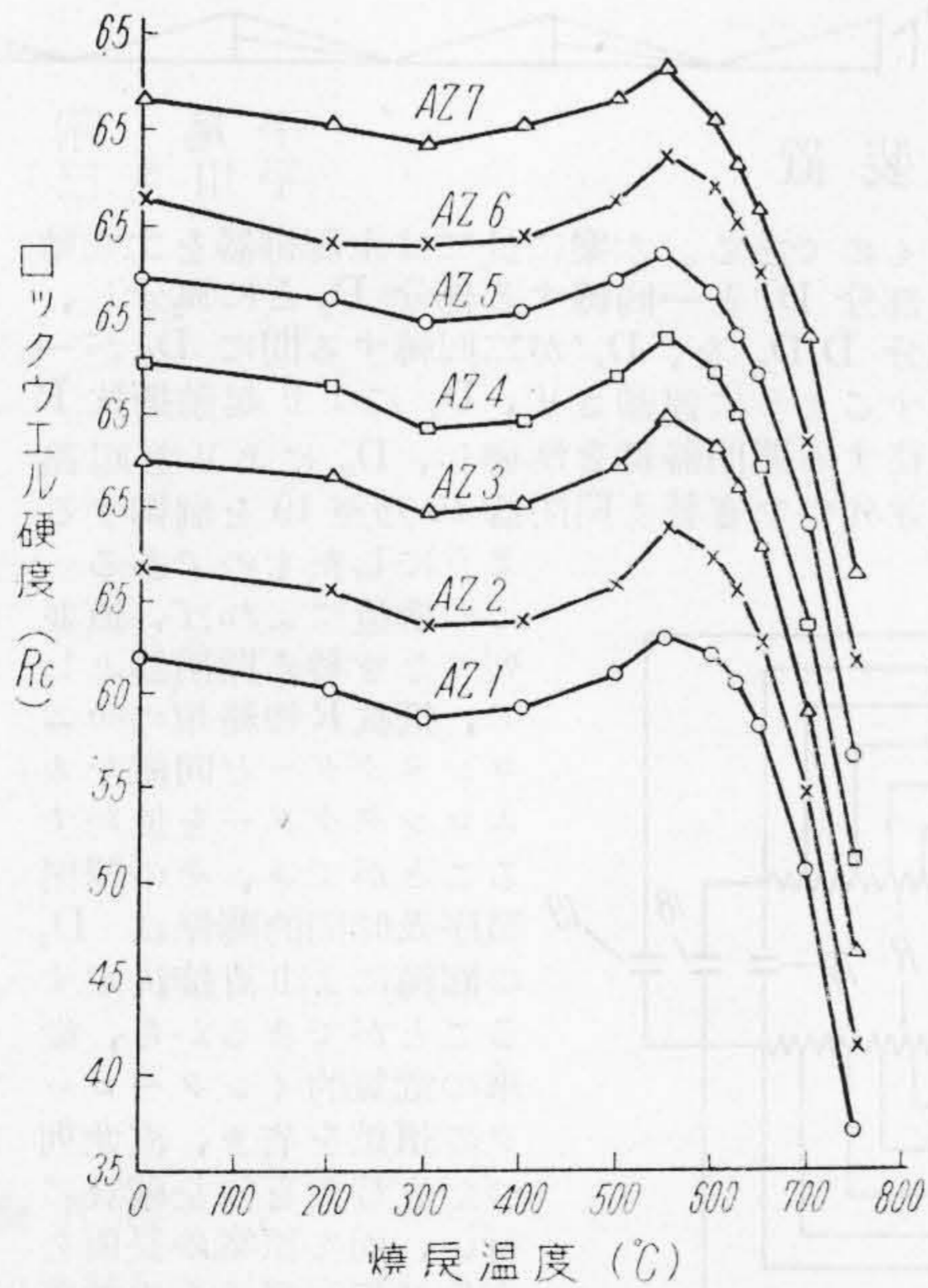
試料	C	Cr	W	V	Co	Zr
AZ 1	0.62	4.27	11.31	1.56	0	0.00
// 2	0.65	4.30	11.64	1.54	//	0.10
// 3	0.69	4.34	11.26	1.42	//	0.20
// 4	0.66	4.29	11.14	1.48	//	0.30
// 5	0.62	4.25	11.05	1.59	//	0.50
// 6	0.66	4.33	11.19	1.51	//	0.70
// 7	0.63	4.32	11.47	1.54	//	1.00
// 8	0.60	4.45	11.23	1.56	//	1.50
// 9	0.60	4.29	11.42	1.53	//	2.00
BZ 1	0.60	4.34	10.48	1.49	4.84	0.00
// 2	0.64	4.30	11.08	1.49	4.71	0.10
// 3	0.64	4.34	11.12	1.47	5.08	0.20
// 4	0.65	4.36	11.48	1.54	5.06	0.30
// 5	0.62	4.58	11.47	1.39	5.08	0.50
// 6	0.62	4.32	11.18	1.48	4.93	0.70
// 7	0.61	4.43	11.85	1.53	5.14	1.00
// 8	0.60	4.46	11.41	1.39	5.08	1.50
// 9	0.64	4.58	11.28	1.58	5.54	2.00

(B) 切削耐久力に及ぼす影響

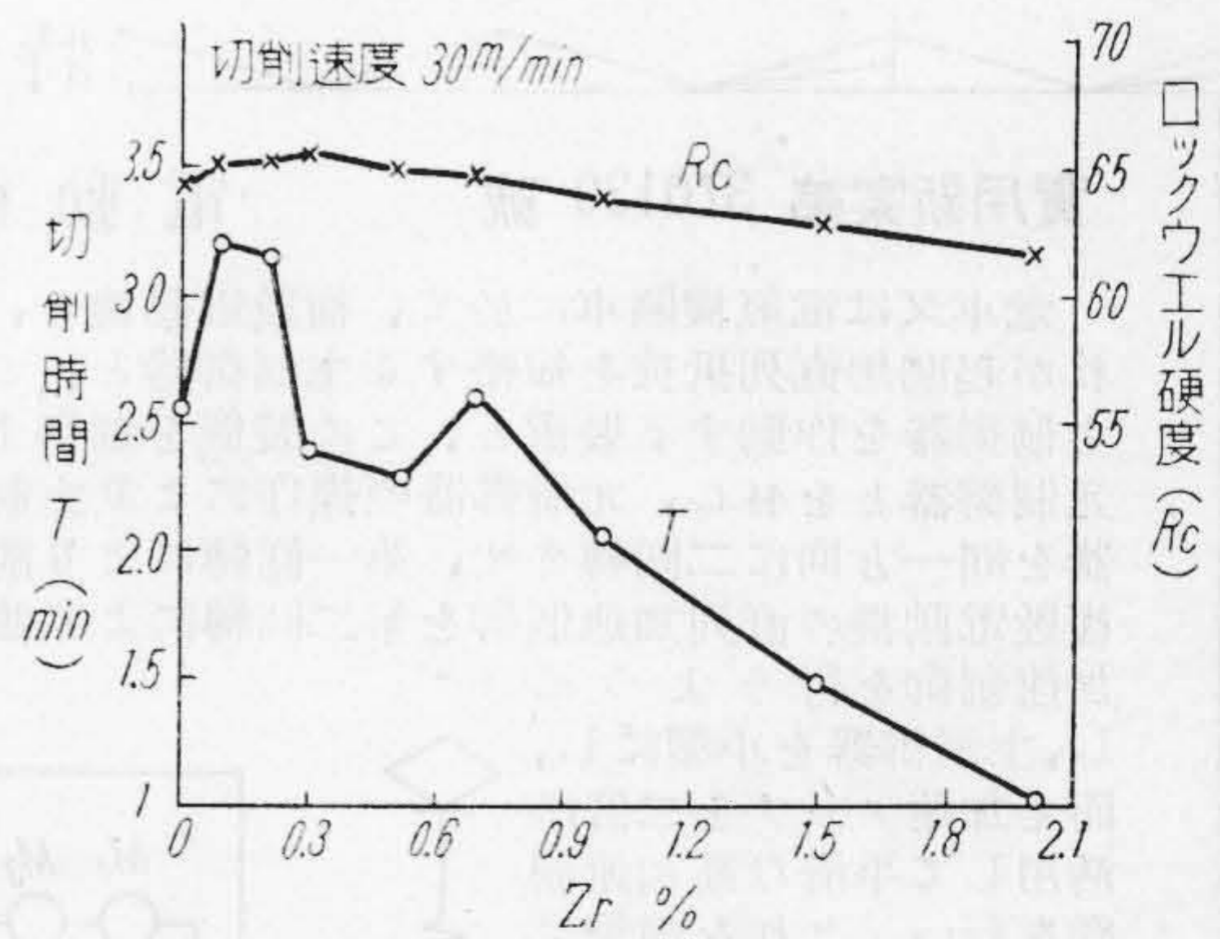
各切削工具試料を1,280°より油中焼入し、570°に2回焼戻を繰返した。切削耐久力は4回試験の平均値を示す。第33圖及び第34圖はその結果を示す。硬度は前



第32圖 焼戻温度と硬度との関係
Fig. 32 Relation between Tempering Temperature and Hardness.

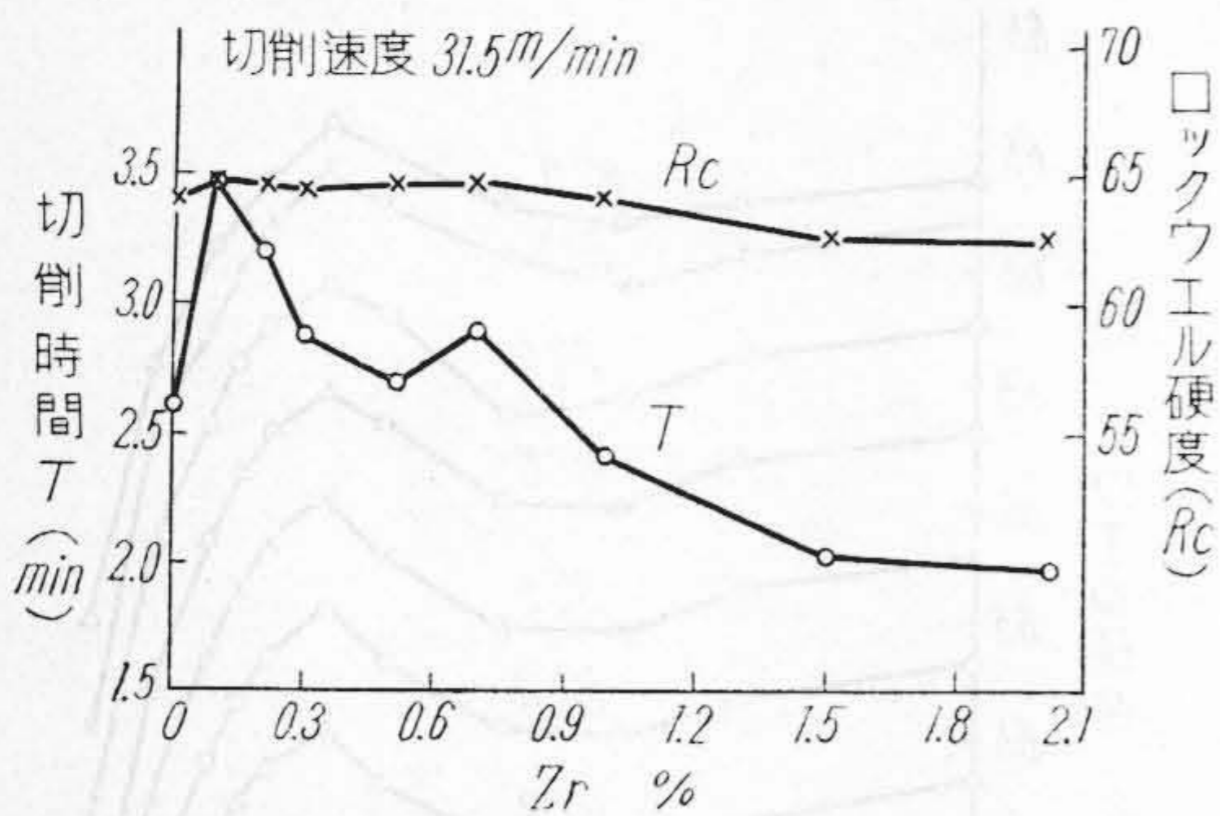


第31圖 焼戻温度と硬度との関係
Fig. 31 Relation between Tempering Temperature and Hardness.



第33圖 Zr と硬度及び耐久力との関係
Fig. 33 Relation between Content of Zr, Hardness and Cutting Durability.

述と同様ジルコニウム約0.7%までは殆んど大差なく、1.0%以上増加すると稍減少する。一方切削耐久力は兩者共ジルコニウム0.1~0.2%で最高を示し、それ以上は減少する。尙兩者共ジルコニウム約0.7%附近で第2の極大を示す。この現象はさきにも見られた現象で、その理由は明らかでない。



第34圖 Zr と硬度及び耐久力との關係
 Fig. 34 Relation between Content of Zr, Hardness and Cutting Durability.

[V] 結 論

上述の研究結果を要約すると次の通りである。

- (1) コバルト 0 及び 5% を含むタングステン10~11%の低タングステン高速度鋼に及ぼす硼素及びジルコニウムの影響を研究した。又 18% タングステンを含む高速度鋼に対するジルコニウムの影響をも調べた。
- (2) 各種熱処理による硬度の變化を究明し、又焼戻軟化に対する抵抗を確めた。
- (3) 切削耐久力は少量の硼素の添加によつて高められる。即ちコバルトを含まない場合は約 0.3%、コバルト 5% の場合は約 0.3% で最高の耐久力を現わす。

又ジルコニウム添加の効果は極めて著しく、コバルト 0% の場合は低タングステン及び高タングステン高速度鋼共ジルコニウム約 0.1~0.2% で最高を示す。コバルト 5% を含む場合は高タングステン高速度鋼の時はジルコニウム約 0.2~0.3% で、又低タングステン高速度鋼の時は約 0.1~0.2% で最高を現わす。

(4) 各試料の顯微鏡組織を觀測した。

終りに臨み本研究を遂行するに當り終始懇篤なる御指導を賜りたる常務取締役菊田多利男博士に深甚なる敬意と感謝の意を表する。

参 考 文 獻

- (1) 小柴：日本金屬學會誌、9 (1945), 1 號 17.
- (2) 小柴：日本金屬學會誌、9 (1945), 2 號 18.
- (3) 小柴：日本金屬學會誌、9 (1945), 11 號 8.
- (4) 小柴：日本金屬學會誌、11 (1947), 11~12 號 15.
- (5) 小柴：日立評論、32 (1950), 4 號 50,
- (6) 小柴：日立評論、32 (1950), 5 號 53.
- (7) 菊田、小柴：日本金屬學會誌、7 (1943), 354.
- (8) Vogel, Tamann; Zeit. Anorg. All. Chem., 123 (1922), 225.
- (9) Oertel, Grützner; Die Schnelldrehstähle, (1931).
- (10) Rapatz; Edelstähle, (1934)
- (11) Backet; Iron Age, 19 (1923), 321.
- (12) Field; Iron Age, 112 (1923), 607.

特許紹介

實用新案第 370130 號

電動機制御装置

平尾 剛
平川克巳

電車又は電氣機關車に於て、複數電動機と、これが起動用直列抵抗を短絡する主制御器と、この主制御器を作動する装置と、この装置を制御する元制御器とを有し、元制御器の操作により主制御器を同一方向に二回轉させ、第一回轉により前記複數電動機の直列加速制御を第二回轉により並列加速制御を行うようにし、主制御器を小型にし、而も加速ノッチを二倍に活用して平滑な高加速制御を行い、これを頻繁に發停車する市街地電氣車に適用して表定速度を高め、輸送量を増大し得る電動機制御装置は登録新案第283682 號により開示された。然るにこの制御装置は渡りに於ける直並列つなぎ替えに多少の困難が残されていた。本案はこれを改良したもので、圖は主回路つなぎを

示すものである。本案に於ては主制御器を二回轉する部分 D_1 と一回轉する部分 D_2 とに區分し、兩部分 $D_1 D_2$ を、 D_1 が二回轉する間に D_2 が一回轉するように連動させ、 D_1 により起動抵抗 R を短絡する開閉器群を制御し、 D_2 により主回路の直並列つなぎ替え開閉器 16 乃至 19 を制御するようにしたものである。この構造によれば、直並列つなぎ替え開閉器として、抵抗 R 短絡用のカムコンタクターと同様なカムコンタクターを使用することができ、その開閉順序及時間的關係は D_2 の回轉により直接決定することができるから、従来の電氣的インターロックの煩鎖を省き、直並列つなぎ替えを安全確實に行い、而も原案の長所を充分活用し得るものである。(滑川)

