

## 高クロム系高速度鋼に於ける各種元素の影響 (I)

(昭和 25 年 4 月本會講演大會にて講演)

小 柴 定 雄\*

EFFECT OF EACH ELEMENT ON THE HIGH  
CHROMIUM HIGH SPEED STEEL (I)

Sadao Koshiba

## Synopsis :

The author carried out a series of experiments on the effect of 0.8~1.6% C, 6~15% Cr, 0~8% W for high chromium high speed steel containing 1.4% C, 10% Cr, 4% W, 1% V, 5% Co, and studied changes in their hardness and microstructure brought about by different heat treatments, and the cutting durability are also measured.

As the results of this investigation, it is ascertained that the steel containing high chromium are most moderate in containing of 1.2~1.4% C, 10% Cr, 4% W.

Investigation on the effect of vanadium and cobalt in high chromium high speed steel are described in the 2nd. report.

## I. 緒 言

高速度鋼は普通タングステン 15~20% を含有したものと、タングステン 10~12%, バナジウム 1.5~2.0% を含む低タングステン高速度鋼が使用されている。而してタングステン及びモリブデンの代用として高クロム含有の高速度鋼が一部外國で使用されているようであるがこれに就いて我が國には殆んど研究の發表を見ない。特に切削耐久力に關しては未だ歸一していない。それ故著者はクロム約 10% を含有する高クロム高速度鋼に就て各種熱處理による硬度、組織及び切削耐久力に及ぼす各元素個々の影響を研究した。本報告は C, Cr, 及び W の影響に就ての結果である。尙試料の調製及び實驗方法<sup>1)</sup> は従來と全く同様である。

## II. 従來の研究の概要

高速度鋼は従來タングステン 15~20% を含有するもこのタングステンの一部又は全部を他の元素にて置換した高速度鋼を得んとする企ては古くから歐米諸國に於て屢々試みられ<sup>2)3)4)5)</sup>、又我が國でも菊田博士と著者が詳細な研究を行い、タングステン 10~12%, バナジウム 1.5~2.0% の低タングステン高速度鋼の従來の 18-4-1 高速度鋼にまさることを明かにした。尙一方モリブデン 6~8% を含有する高モリブデン高速度鋼<sup>6)</sup> が米國及び

獨國に於て實用されている。然し高モリブデン含有高速度鋼は高温に加熱すると揮發し易く、その溶解作業と共に高温加工及び熱處理は特に注意を要するのである。かゝる高モリブデン含有鋼の缺陷と相俟つて、モリブデンを産出しない國に於ては更にこれらのタングステンやモリブデンの代用として高クロム高速度鋼が注目されている。

高クロム系高速度鋼に就ては可成り以前より研究が進められ、これに關する特許も發表されている。Fetschenko, Tschopiwski, Mayer<sup>6)</sup> は高クロム系の高速度鋼に於てクロム約 12% を含有する場合にはタングステンは少くとも 3% を必要とすると述べている。Minke-witsch, Wladislawlew, Iwanow<sup>7)</sup> もクロム 10% の場合には炭素 1.2% 以上は不適當であり而して C 0.7~0.9%, Si 0.6~1.0%, Cr 7~9%, W 2~3% (或は 4~5%), V 1.2~1.5% を代用高速度鋼として推している。Fizia, Gebhard, Rapatz, Scherer<sup>8)</sup> は Mo 1% V 2.5%, Cr 4~12% のタングステンを含まない高速度鋼に就てクロムの硬度及び切削耐久力に及ぼす影響を研究し、又多くの人の研究の結果を綜合し、クロムを 4% 以上増してもタングステンやモリブデンの高速度鋼の特性を改良し、或は合金元素を節約することが出来る

\* 日立製作所安來工場 工博

とは考えられないと述べている。又 Gorbunow, Dowgalewski<sup>9)</sup> はこの種高クロム系高速度鋼 (少量の W 及び V を含む) の適当な熱処理は 1180°~1200°C から約 600°C の鉛浴に焼入し、550°C に 3 回焼戻をすることがよいと報じている。Gudzow, Bakowa, Kasejew Poljakow<sup>10)</sup> は高クロム—珪素—バナヂウム高速度鋼 (C 1.0~1.1%, Si 1.2~1.5%, Cr 12~12.5%, V 2~2.5%) に及ぼすモリブデン、コバルト、チタニウム、タンタル及びニオブ元素の影響を研究し、殊にモリブデンは切削耐久力に對して好結果を與えることを指摘している。Minkewitch, Iwanow<sup>11)</sup> もタングステン及びバナヂウムを少量含有するクロム 7~10% の高クロム系高速度鋼に就て研究し、普通の高タングステン高速度鋼より耐軟化性に於て劣るも、然しモリブデン約 4% を含む高クロム高速度鋼は低切削速度の場合には普通高速度鋼よりすぐれていると報じている。又 Rapatz<sup>12)</sup> もその著書に米國及び英國に於てはコバルト約 3.5% を含む C 1.5%, Cr 12% の高クロム鋼が鑄造平削工具として市場に出ていると述べている。

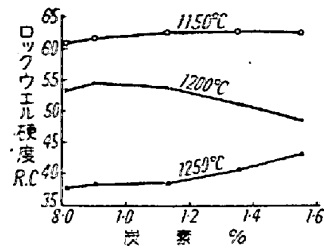
III. 實驗結果

(1) 炭素の影響

高速度鋼に於ける炭素の影響は屢々述べた如く硬度及び切削耐久力に對して著しい影響を與えるもので、その含有量の多少は高速度鋼の性能に大なる關係を持つものである。先づ Cr, W, V 及び Co は一定なる高速度鋼に於ける炭素 0.8~1.6% の影響を見るため第 1 表に示す如き試料を調製した。

(A) 焼入温度と硬度

1150°, 1200° 及び 1250°C の 3 種の焼入温度に於ける炭素量と硬度との關係を第 1 圖に示す。但し保持時間を 1 分、浸漬時間を 2 分とした。焼入温度 1150° の場合には C 量約 1.1% までは C 量を増す程稍硬度を増すも 1.1% 以上は殆んど變りない。1200°C の場合には C 0.9% に於て最高を示し、それ以上は C 量を増すに従い減少する。又 1250°C の場合には C 約 1.1% までは餘り變りないが、1.2% 以上は C 量を増す程増加する。又各炭素



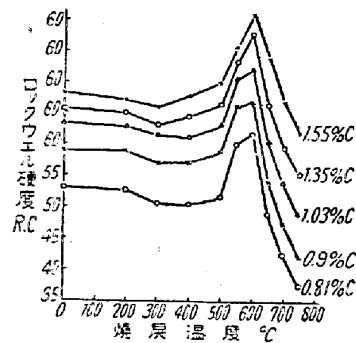
第 1 圖 炭素量と焼入硬度との關係

量共焼入温度を上昇する程硬度を減少する。

1150°C に於て C 1.1% 附近で最高硬度を現わすのは焼入によつて生ずるマルテンサイトの量の最大なるためであり、1200°C の場合も同様 C 0.9% 附近で生成するマルテンサイトの量が最も多いのである。それ以上はオーステナイトの量を増加し、従つて硬度を減少するのである。次に 1250°C の場合に C 1.1% 以上 C 量を増す程硬度を増加するは次の如く考えられる。即ちかゝる組成の平衡状態圖は未だ明らかでなく、その變態の様相も判らないが、その硬度の著しく低い點から推して、この温度に於てはそのオーステナイトは過熱された状態にあり C 量を増すに従い、一部オーステナイトは融解し、オーステナイトと融體と複炭化物とよりなり。これが冷却に際し共晶を生成し、且つ炭素量を増す程複炭化物を増し従つて硬度を増加するものと考えられる。

(B) 焼戻温度と硬度

各焼入温度の試料を 100~750°C に焼戻し、硬度の變化を測定した。第 2 圖は焼入温度 1200°C の場合の各試料の焼戻温度と硬度との關係を示す。圖に示す如く各炭



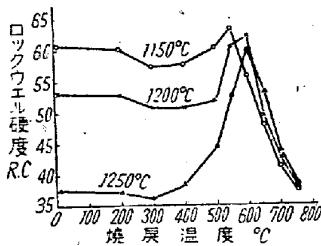
第 2 圖 1200°C より焼入した炭素量異なる高速度鋼の焼戻温度と硬度との關係

第 1 表

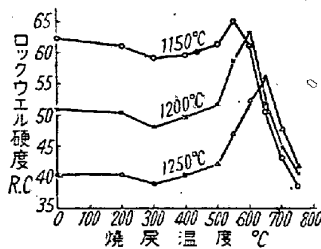
試料	C	Si	Cr	W	V	Co
YA 1	0.81	0.25	9.86	4.09	1.13	5.17
" 2	0.90	"	10.01	4.08	1.15	4.99
" 3	1.13	"	10.07	3.90	0.99	5.13
" 4	1.35	"	10.18	3.73	0.97	4.99
" 5	1.55	"	9.52	3.71	0.97	5.04

素量共約 600°C に於て焼戻による最高硬度を現わす。而して C 1.13% まではその曲線の形より焼戻による高硬度を示す温度範囲が広い。又焼戻による最高硬度は焼入温度 1150°C の場合には C 量を増す程増大し、1.35% 以上は變りない。1200°C の場合には 1.35% で最高を示し 1.55% に於ては減少する。1250°C の場合には 0.9% で最高を示し、それ以上は餘り變りない。

次に焼入温度による焼戻温度と硬度との關係曲線を求めたが、その一例として C 0.81% 及び 1.35% の場合を第 3 圖及び第 4 圖に示す。兩者共焼入温度を上昇する



第 3 圖 炭素量 0.81% の 3 種の焼入温度による焼戻温度と硬度との關係



第 4 圖 炭素量 1.35% 鋼の 3 種の焼入温度による焼戻温度と硬度との關係

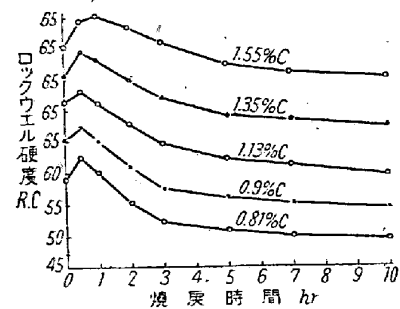
程焼戻による最高硬度を減少し、且つその最高硬度を現わす焼戻温度を高い方に移動する。これは焼入温度を上昇する程オーステナイトはその安定度を増し、且つ複炭化物をより多く溶解する。従つて最高硬度を示す温度は高い方に移動するのである。又その最高硬度の低いのは焼入温度を上昇する程過熱組織となるため、焼戻によつてその硬化度は大なるもその値は低いのである。

尚焼入温度を上昇する程焼戻硬化度即ち焼入の際の硬度と焼戻による硬度との差は大である。

(C) 焼戻時間と硬度

各試料の 1160°C から油中焼入し、焼戻温度 600°C に於ける焼戻時間と硬度との關係を調べた。その結果を第 5 圖に示す。但し各曲線共硬度スケールを 5 目盛宛ずらして圖示した。

C 量を増す程前述の如く焼戻による最高硬度を増大する。而して C 1.35% までは最初 30 分で最高硬度に達するも、1.55% の場合には 1 時間で最高硬度に達する。

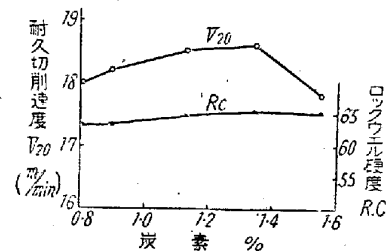


第 5 圖 炭素量異なる高速度鋼の焼戻時間と硬度との關係 (焼入温度 1160°C)

C 量を増す程焼戻軟化に對する抵抗を増すのである。これは矢張りオーステナイトの安定度と炭化物の多量なることに起因するものと考えられる。

(D) 切削耐久力に及ぼす炭素の影響

各切削工具試料を 1150°C より油中焼入し、550°C に 2 回焼戻を繰返した。第 6 圖は C 量と硬度及び切削耐久力との關係を示す。硬度は前述と同様 C 量を増す程増大する。切削耐久力は C 約 1.35% で最高を現わし、それ以上は急激に減少する。尚 C 1.1% に於ても 1.35% に匹敵する性能を示す。



第 6 圖 炭素量と硬度及び切削耐久力との關係

各切削工具試料の顯微鏡組織を觀測したが省略する。

(2) クロムの影響

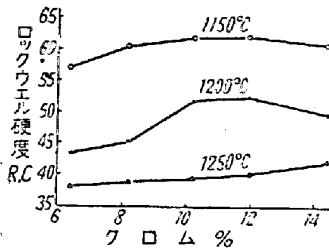
高速度鋼に於けるクロムは前にも述べた<sup>2)</sup> 如く、地質と炭化物とに分布して存在することは明らかで、殊に高クロム含有鋼に於ては焼入によつて大部分地質に溶解し、尚殘部はクロム量の多い複炭化物を形成するものと考えられる。本研究に於ける如くタングステン含有量の低い場合には地質及び炭化物に對し、クロムは重要な役割をなすものである。著者は Cr 6~15% の影響を見るため第 2 表に示す如き試料を調製した。

第 2 表

試料	C	Cr	W	V	Co
YB 1	1.28	6.38	3.70	0.87	5.24
// 2	1.30	8.20	3.85	1.10	5.00
// 3	1.31	10.16	3.78	1.06	5.00
// 4	1.28	11.95	3.76	0.97	5.20
// 5	1.26	14.40	4.04	1.01	5.23

(A) 焼入温度と硬度

前述と同様3種の焼入温度に於ける Cr 量と焼入硬度との関係を第7圖に示す。Cr 量 10% までは Cr 量を増す程硬度を増大し、12% までは餘り變りなく、約 14.4% に於てはかえつて減少する。1200°C の場合にもほ

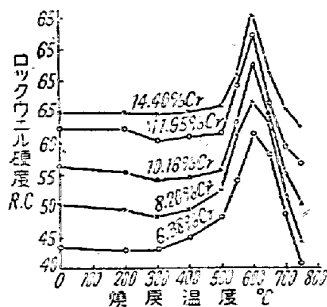


第7圖 クロム量と焼入硬度との関係

同様 10~12% で最高に達し、それ以上は減少する。1250°C の時は Cr 量を増す程徐々ながら硬度を増大する。1150°C 及び 1200°C の場合 Cr 10~12% に於て最高硬度を示すは前述の如く、この Cr 量の場合生成するマルテンサイトの量の多いためと考えられる。それ以上 Cr を増加するとオーステナイトの量を増し、硬度を減少するのである。尚かゝる高クロム系高速度鋼の平衡状態圖は全く不明であるため、その變態の様相も判らないが、高炭素高クロム鋼 (C 1.0~1.4%, Cr 0~40%) の状態圖<sup>13)</sup>より判断して、焼入温度 1250°C の場合の Cr 含有量を増す程硬度を増大するは、その Cr 量を増す程オーステナイトの融解する温度を上昇し、この温度に於ては一部の融體とオーステナイト及び複炭化物よりなりこれが焼入によつて一部共晶を生成するも、Cr 量を増す程炭素及び合金元素を多量に溶解したオーステナイトと複炭化物をより多く残留するためであると考えられる。

(B) 焼戻温度と硬度

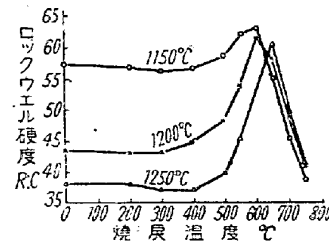
各焼入温度の試料を 100~750°C に焼戻し、硬度の變化を測定した。第8圖は焼入温度 1200°C の場合の焼戻



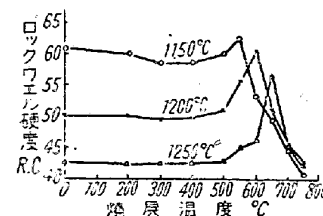
第8圖 1200°C より焼入した炭素量異なる高速度鋼の焼戻温度と硬度との関係

温度と硬度との關係を示す。焼入温度 1200°C の場合には何れも 600°C で最高硬度を示す。而して C 量による影響とほぼ同様 Cr を増す程 600°C に於ける凸起度著しく、焼戻温度による影響が大なることが判る。又焼戻による最高硬度は Cr 約 10% までは Cr 量に従い増大するも、12% 以上はかえつて減少する。尚焼入温度 1150°C の場合も同様 Cr 10% までは増すも、それ以上は減少する、又焼入温度 1250°C の場合は Cr 量を増す程徐々に減少する。

次に Cr 約 6 及び 15% の兩試料に就て焼入温度による焼戻温度と硬度との關係を第9圖及び第10圖に示す。明らかに焼入温度を上昇する程焼戻による最高硬度を減少し、且つその硬度を現はす温度は高い方に移動する。これらの關係は前述の炭素の場合と同様である。



第9圖 クロム 6.38% 鋼の3種の焼入温度による焼戻温度と硬度との關係



第10圖 クロム 14.4% 鋼の3種の焼入温度による焼戻温度と硬度との關係

(C) 焼戻時間と硬度

各試料の 1160°C から油中焼入し、焼戻温度 600°C に於ける焼戻時間と硬度との關係を求めた。その結果を第11圖に示す。(紙面の都合により圖省略)焼戻による硬度は前述と同様 Cr 約 10% で最高を示す。Cr 量を増す程最高硬度を示す時間は短時間の方に移動する。而して焼戻軟化の抵抗は Cr 量を増す程減少する。又 Cr 量を増す程焼戻硬化度は小である。

(D) 切削耐久力に及ぼすクロムの影響

各切削工具試料を 1150°C より油中焼入し、550°C に2回焼戻を繰返した。第12圖(省略)は Cr 量と硬度及び切削耐久力との關係を示す。硬度は前述と同様 Cr 約 10% 附近で最高を示し、切削耐久力も Cr 約 10% 附

近で最高を示す。即ちこの種高炭素高速度鋼に於ては Cr 含有量は 10% 附近が適當なることが判る。

### (3) タングステンの影響

高クロム系高速度鋼に於てタングステンの重要なことは既に Fetschenko, Tschopiwski, Mayer<sup>6)</sup> によつて指摘され、又 Minkewitsch, Wladislawlew, Iwanow<sup>7)</sup> も高 Cr に W 及び V を含有せしめた代用鋼を發表している。著者はこの種高クロム系高速度鋼に於ける硬度及び切削耐久力に及ぼすタングステンの影響を見るため第 3 表に示す如き試料を調製した。

第 3 表

試料	C	Cr	W	V	Co
YO 1	1.28	9.97	tr	0.90	4.83
2	1.31	9.87	1.98	0.97	4.69
3	1.33	10.04	3.90	0.99	4.72
4	1.34	9.81	5.56	0.99	4.83
5	1.39	9.80	7.67	1.04	4.97

### (A) 焼入温度と硬度

前述と同様 3 種の焼入温度に於ける W 量と焼入硬度との関係を第 13 圖に示す。(圖省略) 焼入温度 1150°C の場合には W 含有量によつて殆んど硬度に變化なく、1200°C の場合には W 量を増す程硬度を減少する。又 1250°C の場合には Cr の場合と同様 W 量を増す程稍硬度を増大する。この場合も W 量を増す程オーステナイトの融解する温度を上昇し<sup>14)</sup>、従つて焼入によつてオーステナイトと複炭化物とをより多く残留するためと考えられる。

### (B) 焼戻温度と硬度

各焼入温度の試料を 100°~750°C に焼戻し、硬度の變化を測定した。第 14 圖は焼入温度 1200°C 場合の焼戻温度と硬度との関係を示す。(圖省略)

W 量少い場合には焼戻による最高硬度を示す温度は稍低い。最高硬度は W 量約 5% までは W 量と共に増し、それ以上はかえつて減少する。又 W 約 4% 以上は最高硬度を現わす焼戻温度の範囲は狭くなる。又焼戻硬化度は W 量を増す程増大する。

次に W 0% 及び 7.67% の兩試料の焼入温度による焼戻温度と硬度との関係を第 15 圖及び第 16 圖に示す。(圖省略) この場合も焼入温度を上昇する程焼戻による最高硬度を減少し、且つその硬度を現はす温度は高い方に移動する。特に W 含有量高い場合に然りである。これは前述の如く焼入温度を上昇する程そのオーステナイトは多量の炭素及び合金元素を固溶し、より安定となるからである。

### (C) 焼戻時間と硬度

各試料の 1160°C から油中焼入し、焼戻温度 600°C に於ける焼戻時間と硬度との関係を求めた、その結果を第 17 圖に示す。(圖省略) W を含まない場合には初めから急激に硬度を減少するも、W を増すに従い、焼戻軟化の抵抗を増す。何れも最初 30 分で焼戻による最高硬度を現わす。

### (D) 切削耐久力に及ぼすタングステンの影響

各切削工具試料を 1150°C より油中焼入し、550°C に 2 回焼戻を繰返した。第 18 圖は W 量と硬度及び切削耐久力との関係を示す。(圖省略) 硬度は W 含有量を増す程僅かながら増大するも、4% 以上は殆んど大差ない。切削耐久力は W を含まない場合は極めて低く、約 4% で最高を示し、それ以上はかえつて減少する。これによつてこの種高クロム含有高速度鋼に於ては W は 4% 附近が適當なることが判る。4% 以上 W を含有するときかえつて切削耐久力を減少するは炭化物を増大し脆性を興える爲と考えられる。尙各試料の顯微鏡組織を觀測したが、タングステン含有量少い程粗大な組織を呈する。

## IV. 結 論

本研究結果を要約すると次の通りである。

- (1) C 1.4%, Cr 10%, W 4% V 1% Co 5% を含む高クロム高速度鋼に於て C 0.8~1.6%, Cr 6~15% W 0~8% の影響を研究した。
- (2) 焼入及び焼戻による硬度の變化を測定し、適當な熱処理方法を明かにした。
- (3) 焼戻軟化に對する抵抗は C 及び W の含有量を増す程増大する。又 Cr は逆に減少する。
- (4) 焼戻硬化度も C 及び W 含有量を増す程増大し、Cr 含有量を増す程減少することを確めた。
- (5) 切削耐久力は他の元素同一ならば、C 1.3~1.4% Cr 10%, W 4% 附近で最高に達する。

終りに臨み本研究の遂行に當り御指導並に御鞭撻を賜りたる日立製作所常務取締役菊田多利男博士に深甚なる謝意を表し、又實驗に従事せられた永島祐雄君の勞を多とする。(昭和 25 年 9 月寄稿)

### 文 献

- 1) 小柴: 日本金屬學會誌, 第 8 卷, 第 6 號 (昭 19. 6), 252
- 2) 菊田, 小柴: 日本金屬學會誌, 第 7 卷, 第 8 號 (昭 18.8), 354
- 3) 菊田, 小柴: 日本金屬學會誌, 第 7 卷, 第 9 號 (昭 18.9), 408
- 4) 菊田, 小柴: 日本金屬學會誌, 第 7 卷, 第 10 號

- (昭 18・10), 434
- 5) 小柴: 日立評論, 第 35 卷, 第 6 號 (昭 17・6), 316
- 6) Fetschenko, Tschopiwski, Mayer: Prgegl. Mech. 2 (1936), 443
- 7) Katschestw : Stahl, 5 (1937), 7
- 8) Fizia, Gebhard, Rapatz, Scherer: Stahl u. Eisen, 59 (1939), 985
- 9) Gorbunow, Dowgalewski: Metallurg., 14 (1939), 51
- 10) Gudzow, Bakowa, Kasejew, Poljakow: Metallurg., 14 (1939), 51
- 11) Minkewitch, Iwanow: Metallurg., 23 (1940) 31
- 12) Rapatz: Die Edelmstähle. (1934)
- 13) 武田: 工具材料
- 14) Gregg: Alloys of Iron & Tungsten, (1934), 125

## 耕作農具の材質に関する研究

### 土壌と鋼材との磨耗に就て (I)

—鋼の炭素含有量と磨耗との關係—

(昭和 25 年 9 月本會講演大會にて講演)

長 尾 肇\*・南 力\*

## STUDY ON THE FRICTION BETWEEN STEEL AND SOIL (I)

—Relation between C content in steel and friction loss by soil—

*Hajime Nagao and Tsutomu Minami*

#### Synopsis:

We studied on the friction between steel of several C content and soil on the same condition of soil, speed and pressure.

We concluded that (1) the eutectic steel quenched in water from 760°C~770°C is the most wearless, (2) in the carbon steel of the same C content the harder is the better, (3) in the carbon steel of the same hardness the higher C content (within eutectic) is the better.

### I. 緒 言

耕作用の農具は土による鋼材の磨耗が非常に大きな問題である。金屬間の磨耗に關しては多くの研究がなされているが、金屬と土との磨耗に就いては殆んど系統的な研究が見當らないので、實際の使用條件と出来るだけ同じ様な條件で鋼と土との磨耗の問題を研究した。第 1 報に於いては製作した實驗測定の概要と、土の條件、速度、壓力等を一定とした場合の鋼中の炭素量及熱處理の状態と磨耗との關係に就いて御報告したい。

### II. 實驗裝置

裝置の概要は第 1 圖の如くである。8 本の支持足②の

各先端に第 2 圖の如く磨耗試験片を付けた取付棒③を取付け棒の周圍をスプリングで締め常に内部に引張られる様にして置く。④は偏心の圓盤で取付棒は此の圓周をガイドとして内外に移動して試験片が常に前の試験片の跡を通らない様にしてある。3HP のモーターによつて土の入つている容器①と此の偏心圓盤を廻轉させる。

本試験で條件を一定としたものは次の事項である。

(I) 容器の廻轉數 1570 r/h (26.2 rpm)

試験片の廻轉の中心からの平均距離は 35cm である。従つて試験片の平均周速度は 0.96M/S で大體馬の速さと等しい。

\* 北海道農機具工業株式會社