

- 4) 森田, 宮岡: 昭和 27 年 4 月日本鐵鋼協會講演大會にて發表  
 5) Sarjant Middelham: J. Iron and Steel Inst. (1930) Special Rep. No. 5 p 43  
 6) 眞島: 理研 3 (1924) 51  
 7) H. Thielmann: Stahl u Eisen 47 (1927) 389  
 8) 齋藤, 松川: 鐵と鋼, 17 (1942) 502  
 9) 高尾, 荒木: 昭和 26 年 4 月日本鋼鋼協會講演大會にて發表

## 高速度工具に関する研究 (XVI)

(昭和 28 年 4 月本会講演大会にて講演)

堀田 秀次\*・立川 逸郎\*\*

### STUDY ON THE HIGH SPEED TOOLS (XVI)

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

#### Synopsis

Following the 15th report (Tetsu-to-Hagané, 39, June 1953, No. 6, 614~619), the tempering behaviour of a C 0.65%, W 15.92%, Cr 4.30%, V 0.76% and Co 2.64% high speed steel variously austempered was studied by means of dilatometric and micrographic examination and hardness test.

The results obtained were summarized as follows:

(1) Austempering at 600°C did not cause the isothermal transformation of austenite, but appeared to condition the austenite so that lower-bainite would form on the cooling process at the expense of martensite and austenite, and consequently decreased the amount of martensite and retained austenite at room temperature. As a result, after this austempering the initial softening on tempering at 300°~400°C little occurred.

(2) After austempering at the temperature range of 250~300°C with the resultant isothermal transformation of austenite to acicular lower-bainite, the final structure contained a little martensite and appreciable quantities of retained austenite, which decreased the hardness at room temperature and caused a large amount of secondary hardening on tempering.

(3) The formation of lower-bainite in austempering, regardless of either on isothermal process or on cooling process, appeared to increase the stability of retained austenite so that the subsequent secondary Ar'' transformation was more difficult to occur than 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研究として既往に於て各種の研究発表<sup>1)~14)</sup>を行つたのであるが、第 15 報<sup>15)</sup>に於て著者等は高速度鋼の熱浴焼入に就て研究し次の結果を發表した。即ち第 3 種高速度鋼に就て種々の熱浴焼入後の焼戻性を硬度測定並びに検鏡によつて正較検討し、主として次の二の場合に普通油焼入、焼戻のものと同様の焼戻硬度曲線を示すことが判つた。(i) 比較的高温例えば 600°C で熱浴焼入したものは、その恒温保持中にオーステナイトの恒温変態が生起

せず、したがつて冷却後は油焼入のものと略々同じ硬度を有するが、焼戻に際しては所謂一次軟化が少い。(ii) 250°~350°C の中間段階に於ける熱浴焼入で下ベイナイト(lower bainite)を生成せるものは焼入硬度は低い、が、焼戻に於ては一次軟化が殆どなく、且著しい二次硬化を示して最高硬度は油焼入又は他の温度(400°~600°C)で熱浴焼入せるものの焼戻で得られる値とほぼ同じになるが、その焼戻温度は他のものに比して多少高い。

\* 熊本大學工學部, 冶金學教室, 工博  
 \*\* " 機械工學教室

従来発表された文献<sup>16)~22)</sup>によると、高速度鋼の熱浴焼入に於ては、高温部ではオーステナイトの恒温変態に先行する炭化物の析出時効、中間段階では下ベイナイトの析出等が夫々起り、之等がオーステナイトの安定性を種々に変化させ、更にその結果として一次 Ar'' 変態、二次恒温変態或は二次 Ar'' 変態等に複雑な影響を及ぼすこと等が明かにされているが、之等諸現象の細部に就ては尙不明の点が少くない。

本研究に於ては前報に引続き、熱浴焼入後の焼戻熱膨脹曲線を測定して、焼戻焼入並びにその後の焼戻に於ける内部変化の機構を理論的に考察し更に前記硬度変化の原因を解明した。

## II. 試 料

実験に使用した試料は前報と同じで化学組成並びに変態点は次の通りである。

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

変態点  $Ac_{1-7}$  840°~870°C

硬度測定用並びに熱膨脹測定用いづれの試片も 19 mmφ 正延丸棒から火造、旋削により前者は 11mmφ×18mm, 後者は 6mmφ×50mm に夫々仕上げて使用した。

## III. 実験方法

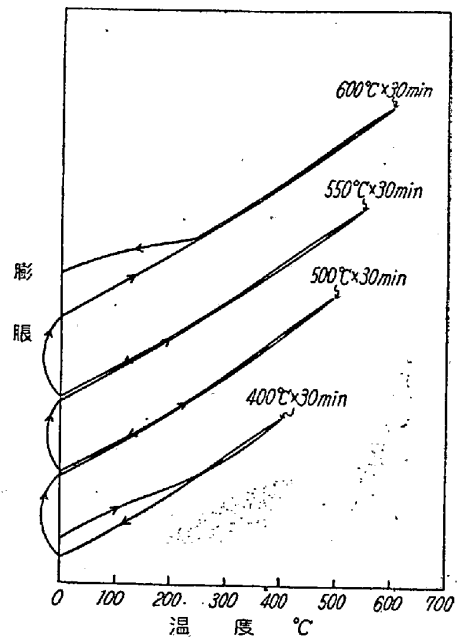
焼鈍並びに焼入の方法は前報<sup>15)</sup>と略々同様であるが、焼入加熱は 900°C で 40 分間予熱後予め所定の焼入温度に保てるエレマ炉に入れて約 2 分間でその温度に達せしめ、3 分間保持後油又は恒温熱浴に投入した。熱浴保持後は空中放冷した。焼入加熱中に生じた酸化脱炭層を研磨により充分除去した後、本多式全熱膨脹計により焼戻熱膨脹曲線を測定した。

## IV. 実験経過並びに結果

(実験 1)

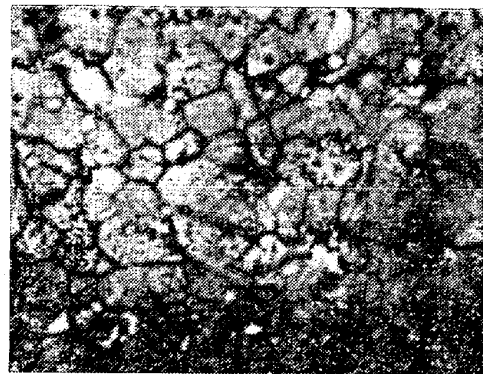
焼入温度を 1300°C とし、300°~600°C の各種温度で種々の時間熱浴焼入せるものを 400°, 500°, 550°, 600° 及び 650°C で順次階段的に繰返焼戻した場合の熱膨脹曲線を求めて油焼入のものと比較した。各焼戻は所定の焼戻温度に 30 分間保持し、400°~600°C の焼戻に於ては石英管中で空中放冷、650°C 焼戻では炉中冷却した。主なる結果は次の通りである。

(1) 油焼入の場合：結果を第 1 図に示す。初の加熱

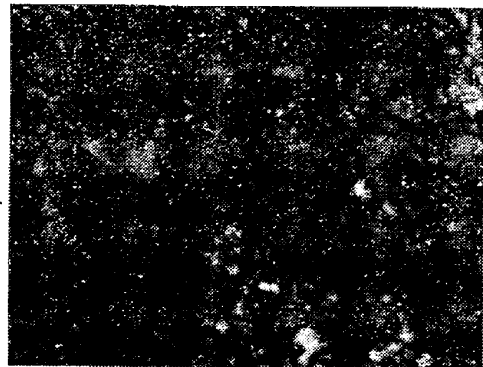


第 1 圖 油焼入後の焼戻熱膨脹曲線

曲線上、100°~250°C でマルテンサイトの焼戻に伴う収縮が現れる。その後の 500°C 及び 550°C 焼戻では異常変化は起らず、600°C 焼戻の冷却で残留オーステナイトの分解（マルテンサイト化乃至下ベイナイト化）即ち二次 Ar'' 変態による膨脹が現われる。



寫眞 No.1 600°C x 1hr 熱浴焼入  
×500



寫眞 No.2 500°C x 1hr 熱浴焼入  
×500

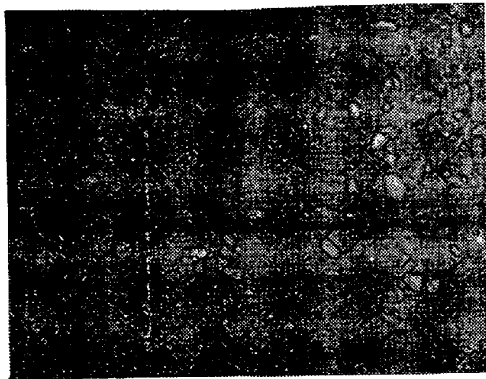
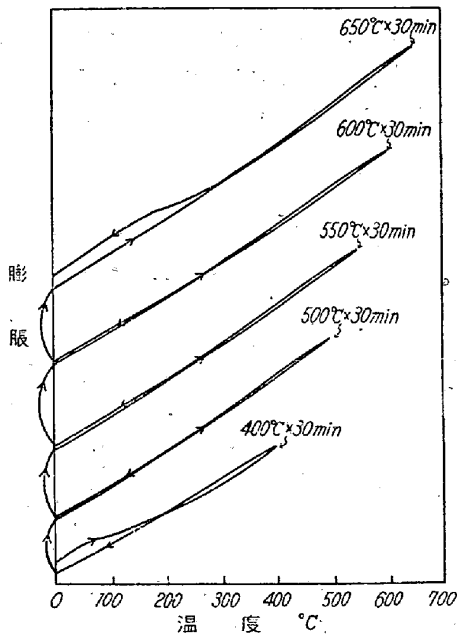


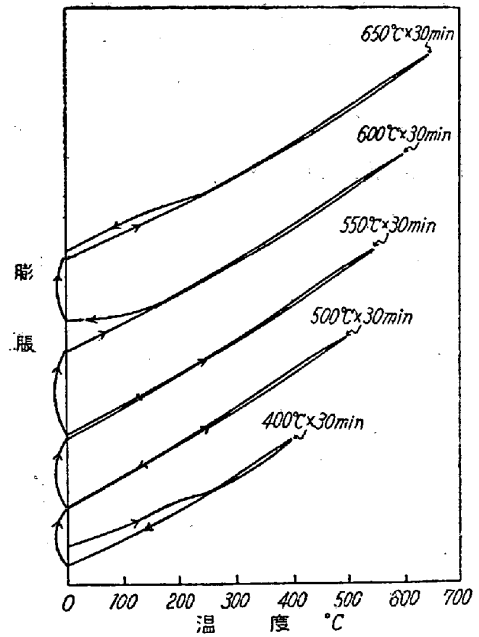
写真 No.3 300°C×5hr 熱浴焼入  
×500

(2) 600°C 1時間熱浴焼入の場合(焼入後の硬度は Rc 64.5, 組織は写真 No.1 に示す様に普通の焼入組織に比して少々 etch され易い): 結果を第 2 図に示す. 之を油焼入のものと比較すると, 一次マルテンサイトの焼戻に伴う収縮量が少々少く, 600°C 焼戻後の冷却では二次 Ar'' 変態が殆ど認められず, 650°C 焼戻の冷却で膨脹が現われるがその膨脹量は少い.

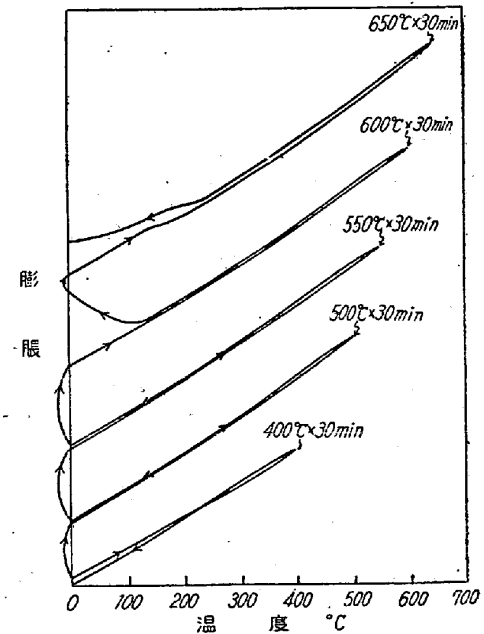


第 2 図 600°C, 1 時間熱浴焼入後の  
焼戻熱膨脹曲線

(3) 500°C 5 時間熱浴焼入の場合 (焼入後の硬度は Rc 64.5, 組織は普通の焼入組織と変りない): 結果を第 3 図に示す. この場合は一次マルテンサイトの焼戻による収縮が現われ, 又 600°C 焼戻で二次 Ar'' 変態が現れるが油焼入のものに比してその開始温度が低く, 且膨脹量が少い. 又 650°C の冷却に際しても再び Ar'' 変態の膨脹が現われる. 尚 500°C 1 時間熱浴焼入のものに就いても同様の傾向が認められた.



第 3 図 500°C, 5 時間熱浴焼入後の焼戻熱膨脹曲線.



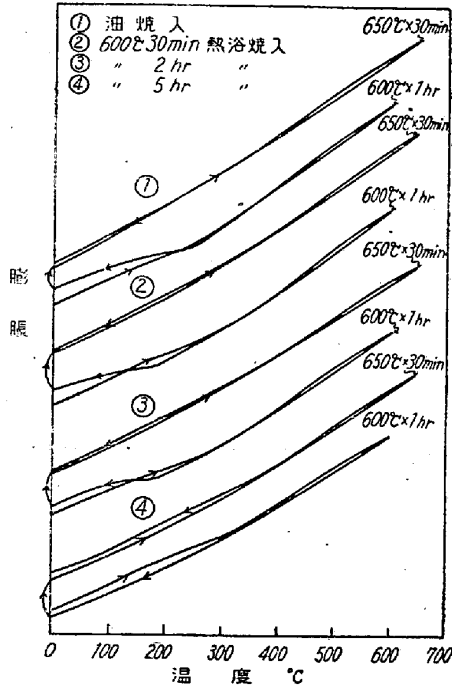
第 4 図 300°C, 5 時間熱浴焼入後の焼戻熱膨脹曲線

(4) 300°C 5 時間熱浴焼入の場合 (焼入後の組織は中間段階の恒温変態による下ベイナイトが多量現われ硬度は Rc 59): 結果を第 4 図に示す. 最初の加熱に於ける低温部の収縮が極めて少く, 600°C 焼戻に於ける二次 Ar'' 変態が低温で相当多量現われ, 更に 650°C 焼戻でも現われる.

(実験 2)

600°C 熱浴焼入に於ける保持時間の影響を調べるためにこの温度で 30 分, 2 時間及び 5 時間夫々熱浴焼入せるものの焼戻熱膨脹曲線を油焼入のものと比較した. 熱

浴焼入のいずれの場合も常温に於ける組織並びに硬度から判断してオーステナイトの恒温変態は生起していない。焼戻はいずれの試料についても 600°C 1 時間（冷却は石英管中空冷）と 650°C 30 分間（冷却は炉冷）と二度繰返した。結果を第 5 図に示す。



第 5 圖 油焼入及び 600°C 熱浴焼入後の焼戻熱膨脹曲線

油焼入のものは①に示す様に 600°C 1 時間の焼戻で残留オーステナイトを分解した後の 650°C 焼戻では何ら膨脹は現われない。

600°C で 30 分間又は 2 時間熱浴焼入したものは夫々②、③に示す様に 600°C 焼戻による二次 Ar'' 変態が油焼入のものより低い温度で起り、且その膨脹量が少くなる。

5 時間熱浴焼入のものは④が示す様に二次 Ar'' 変態は 600°C 焼戻では殆ど見られず 650°C 焼戻で僅かに現われる。

尚①～④を通じて熱浴保持時間が長くなると一次マルテンサイトの焼戻による収縮量が少くなる。

以上の測定結果を一括すると第 1 表の様になり次の事項が判明した。即ち、(i) 600°C 熱浴焼入で保持時間が長くなると一次マルテンサイトの量が減じ、残留オーステナイトはその量は減ずるが油焼入のものに比して焼戻され難くなる。(ii) 500°C 熱浴焼入でも 600°C の場合程著しくないが同様の傾向が認められる。(iii) 300°C 熱浴焼入で下ベイナイトの折出せるものは一次マルテン

サイトが極めて少く、且焼戻され難い残留オーステナイトを多量有する。

## V. 結果の考察

以上の結果から熱浴焼入、焼戻に於ける内部変化の様相、及び焼戻硬度曲線との関係を考察してみると次の通りである。

(1) 油焼入の場合：焼入後の組織は一次マルテンサイトと残留オーステナイトからなる素地を有し、之を焼戻すと、600°C で 30 分間又は 1 時間の加熱でオーステナイトから過飽和の炭化物が折出してオーステナイトは不安定となり、その後の冷却で二次 Ar'' 変態を起し残留オーステナイトの大部分は消失する。従つてその後の 650°C 焼戻では変態は殆ど認められない。

(2) 600°C 熱浴焼入の場合：焼入加熱によつて炭化物を多量に固溶せるオーステナイトを過冷して熱浴中に保持すると、本実験の保持時間ではオーステナイトの恒温変態は起らないが、之に先行する炭化物の折出が起りオーステナイトは不安定となる。この様なオーステナイトはその後の冷却に際してマルテンサイト化よりも下ベイナイト化し易く、且下ベイナイトの折出に際しては同時に合金元素について濃度の高いオーステナイト  $\gamma'$  を生ずる。

以上の結果熱浴焼入後の組織は油焼入のものに比してマルテンサイトが少く、下ベイナイトが多くなり、残留オーステナイトの量は少くなるがその中には完定度の高い  $\gamma'$  が現われてくる。この様な残留オーステナイトは、600°C に於ける 30 分間～1 時間の焼戻では固溶元素の折出が不充分で二次 Ar'' 変態点が低下し、或はその全部が分解せず 650°C 焼戻で再び Ar'' 変態が現われる。

尚一次マルテンサイト並びに内部歪の少いことが焼戻に於ける一次軟化の少い主な原因と考えられる。

500°C 熱浴焼入では炭化物の折出が 600°C の場合に比して少いために、その後の内部変化に及ぼす影響も著しくない。

(3) 300°C 熱浴焼入の場合：恒温変態によつて下ベイナイトが折出するとオーステナイト  $\gamma'$  を生じ、この  $\gamma'$  がその後の冷却に際して Ar'' 変態を起し難く常温迄残留して、一次マルテンサイトが極めて少く、残留オーステナイト  $\gamma'$  が多い組織が得られ硬度が低くなる。したがつて之を焼戻すると一次軟化が殆ど現われず、焼戻され難い  $\gamma'$  を多量有するから著しい二次硬化が起り且最高硬度を示す焼戻温度が他の場合に比して高くなる。

第1表 油焼入並に熱浴焼入後の焼戻熱膨脹曲線の總括  
(1) ( ) 中の數字は各處理後の硬度値 (Rc) を示す

焼入處理	焼 戻					
	400°C×30min	500°C×30min	500°C×30min	600°C×30min	650°C×30min	
	一次マルテンサイトの焼戻による收縮			二次 Ar'' 變態の膨脹	二次 Ar'' 變態の膨脹	
1300°→油 (64.5)	有り (63.0)	(64.0)	(66.0)	多量有り (64.5)		
熱浴焼入	1300°→600°C 1hr(64.5)	" (64.5)	(65.5)	(66.0)	殆ど無し (64.0)	有 り (59.5)
	" →500°C 5hr(64.5)	" (63.5)	(65.5)	(66.0)	有り, 變態 點が低い (64.0)	僅か有り (60.0)
	" →300°C 5hr(59.0)	殆ど無し (59.0)	(60.0)	(62.5)	多量有り, 變態 點が低い (64.5)	有 り (62.5)

(2)

焼入處理	焼 戻		
	600°C×1hr		650°C×30min
	一次マルテンサイトの焼戻による收縮	二次 Ar'' 變態の膨脹	二次 Ar'' 變態の膨脹
1300°C→油	有り	有り	無 し
熱浴焼入	1300°C×600°C 30min	"	"
	" → " 2hr	" [收縮量 が少く なる]	" (量が少く なる. 變 態點が低 下する)
	" → " 5gr	"	殆ど無し 僅か有り

(4) 以上の諸結果から焼戻温度と硬度並びに二次 Ar'' 變態との関係を見ると, 二次 Ar'' 變態が起る焼戻温度より低い温度で硬度は既に最高に達する. 尚ち焼戻硬化は残留オーステナイトの分解に先行する炭化物の折出が主原因と考えられる.

### VI. 総 括

第3種高速度鋼に就て熱浴焼入後の焼戻性を熱膨脹曲線, 硬度並びに組織によつて検討した. 結果を要約すると

(1) 600°C 熱浴焼入ではマルテンサイト並びに残留オーステナイトの少い組織が得られる. 之は熱浴保持中に炭化物の折出が起り, その後の冷却過程で下ベイナイトが生ずるためである.

(2) 300°C 熱浴焼入では恒温變態で折出した下ベイ

ナイトと多量の残留オーステナイトを有し, マルテンサイトの少い組織が得られる.

(3) 上記いづれの場合も残留オーステナイトは油焼入のものに比して焼戻され難く, 二次 Ar'' 變態が低下し或は變態を起さしめるための焼戻加熱温度が高くなる. 之は残留オーステナイトが主として合金元素について高濃度の γ' からなるためと思われる.

本研究の遂行に当り, 九大工学部教授谷村熙博士並びに名大工学部教授武田博士の御懇篤なる御鞭撻を深謝するものである. (昭和 28 年 6 月寄稿)

### 文 献

- 1) 堀田秀次: 鐵と鋼, 23, No.8 (昭 12) 787~798
- 2) 同 : 同 上, 27, No.6 (昭 16) 373~404
- 3) 同 : 同 上, 28, No.4 (昭 17) 403~442
- 4) 同 : 同 上, 32, No.1~3 (昭 21) 10~

- 11  
 5) 同: 同上, 33, No.4~6 (昭 22) 21~22  
 6) 同: 同上, 35, No.2 (昭 24) 49~54  
 7) 同: 同上, 35, No.5 (昭 24) 9~13  
 8) 同: 同上, 36, No.8 (昭 25) 21~26  
 9) 同: 同上, 36, No.11 (昭 25) 34~40  
 10) 同: 同上, 37, No.1 (昭 26) 35~39  
 11) 同: 同上, 37, No.3 (昭 26) 24~27  
 12) 同: 同上, 38, No.1 (昭 27) 25~31  
 13) 同: 同上, 38, No.5 (昭 27) 56~59  
 14) 同: 同上, 38, No.12 (昭 27) 36~42  
 15) 堀田秀次, 立川逸郎: 同上, 39, No. 6 (昭. 28) 614~618  
 16) 小柴: 日本金屬學會誌, 13, No.3 (昭 24) 40  
 17) 岡本, 永倉: 日本金屬學會誌, 13, No.4 (昭 24) 31  
 18) 武田, 深瀬: 鐵鋼協會第 43 回講演大會 (昭 27)  
 19) 門間, 樹村, 平田道利: 日本金屬學會誌, 16, No.6 (昭 27) 328  
 20) Cohen, M., Gordon, M.P., Rose, R.S.: A.S.M. Preprint No. 30 (1942)  
 21) Ham, J.L., Parke, R.M., Herzig, A.J.: Tr., A.S.M. 29 (1941) 623  
 22) Gill, J. P. Roberts, G. A., Johnstin, H. G., George, Burns: Tool Steels, (1946) 428

## 鑄鐵のガス分析に就て

(昭和 28 年 4 月本會講演大會にて講演)

佐藤忠雄\*\*・吉川友治\*・廣岡敏夫\*・寺村英雄\*

### ON THE GAS ANALYSIS OF CAST IRON

*T. Satō, Dr. Eng., T. Yoshikawa, T. Hirooka and H. Teramura*

#### Synopsis:

A tentative model of gas-analysis equipment by vacuum-fusion method was developed with a view to investigate effects of the gas contained in the molten cast iron on the structure and character of cast iron product. Recurrence of analysis values was examined as to rimmed steel and cast iron. The following conclusions were obtained.

1) Recurrence of O<sub>2</sub> and N<sub>2</sub> analysis value for cast iron was somewhat lower than that for rimmed steel, the principal cause of difference being considered to be segregation of gas in analysis-specimens.

2) O<sub>2</sub> and N<sub>2</sub> contents of cast iron were both in the order of 0.00 x wt%; thus variations depending upon melting conditions could be detected by the proposed analysis method.

3) To secure higher reliability of gas analysis of cast iron, further studies should be carried out about the following points:

- a) To raise gas-extracting temperature.
- b) To improve the evacuating rate.
- c) To develop a sampling method with less segregation, etc.

#### I. 緒 言

鑄鐵は通常その化学組成が略々等しくても熔解法や過去の履歴によつて種々その性質が変化する。キューボラ鑄

鉄と電気炉鑄鉄との性質の差違<sup>1)</sup>, 或いは原料に木炭銑

\*\* 鐵道技術研究所 工博

\* 鐵道技術研究々員