後、170° 及び 200° に加熱した際の硬度變化を示したものであるが、この場合には Mn 量が増加するに随つて時効量は急激に減少し N 5 (2% Mn) に至つては殆んど硬化を起さない、従つてその後の加熱に際しても Mn 量の増加と共に復元量は減少するが時効量に相當した硬度の低下は何れの成分のものにも現はれ焼入直後の硬度に復歸することには變はりがない。

Fig. 14 Effect of Mn. 250° Rückbildung after Natural Aging.

Fig. 14 は 2 日間 150° に焼戻したものを更に 250° に加熱した結果である。時効量は常温の場合に比して幾分

増加してゐるがその後の加熱に際しては總て完全な復元現象を示してゐる。即ち Mn はこの現象に對し本質的な影響は與へない。

V. 結 言

Al-4% Cu 合金の復元現象に對する Mg, Si 及び Mn の添加影響を調べた。

(1) Mg 添加量の増加と共に復元量は順次減少し 200° 以下の溫度に於ては Mg 1.0% 以上のものには殆んど復元現象は認められない。焼戻後の復元現象に就ても同様である。

(2) Si 量は常温時効後の復元現象に對し何等影響を與へないが 2 日間 170° 焼戻後の復元現象に對しては Mg の添加影響と同様に Si 量の増加に随つて復元量は順次減少する。

(3) Mn は常温時効後或ひは焼戻後の復元現象に對して何等本質的影響を與へない。

要するに常温時効硬化する合金には當然復元現象が伴はれるものとは限らず、その成分の如何により復元量並に復元溫度に著しい影響を與へる。

真空抽出法によるアルミニウム及び鑄造用 アルミニウム合金中の含有瓦斯に就て

高 橋 越 二*

Etuji Takahasi: Gas in Aluminium and Cast Aluminium Alloys. Gas in aluminium and cast aluminium alloys, i. e. Silumin, Y alloy, and Eutal, was estimated by means of hot extraction process in vacuum.

It was found that the amount of gas in commercial aluminium was about 1.5 cc/100 grams and 2 or 3 times in aluminium alloys for casting.

The extracted gas is composed of 85~94% hydrogen and 4~8% CH₄, CO and CO₂ being almost absent. Huge amount of gas in aluminium, which is frequently reported by different authors, is proved to be attributed to the surface contamination of the sample as is already pointed out by Steinhäuser.

A new method for obtaining the sample free from surface contamination is proposed; the method consists in cutting out the sample with a clean saw and scraper which are previously washed with benzene and alcohol and are heated by small gas flame.

(Received August 20, 1941)

I. 緒 言

アルミニウム鑄物は巢が出来易くピンホールを除くことに多大の努力が拂はれて居る。従つてこれの除去に對して廣く研究が行はれ、アルミニウム地金中の瓦斯含有量に就て多くの研究がある。含有瓦斯の化學成分に就て

* 愛知時計電機株式會社

は、研究者によつて差異があるが大部分は水素で、その値は 60~90% 残りが CO, CH₄ であると云ふ點に於て大體一致して居る。然るに地金中の含有瓦斯の量は諸説紛紛たる有様で、アルミニウム 100g につき N. T. P. の下で 2~30 cc とされ吾人は餘りにその差異の甚だしいのに驚かざるを得ない。かくの如く研究者により大なる差異を生じたる原因は那邊にありやと云ふ疑問を明らかに

したのは Steinhäuser 氏であつた⁽¹⁾。氏は従來の多くの研究結果を批判してこれ等の不一致の原因はアルミニウム試料の表面から發生する氣體に基くものとした、即ち試料の表面を十分清淨にした後實驗を行へば全氣體量は 0.5~1cc/100g に過ぎず、氣體成分も水素 70%、メタン 30% であり、CO 及び CO₂ は殆んど認められないと云ふ結論を得た。

真空抽出に際して試料の表面が脂肪等で汚損して居る時には、CO 及び CO₂ の如き成分が、はじめて認められることを實驗的に示した。Steinhäuser 氏の研究はこの意味に於て一大貢獻をしたものと云はざるを得ないのである。従來の研究は主としてアルミニウム地金に限られて居たのであつて未だ鑄造用合金に就てはあまり多くの資料は見當らない。實用に供せられる鑄造用合金の全瓦斯量及びその成分を知ることがピンホール除去策樹立の基礎ともなるべき事柄であるから、筆者は Steinhäuser 氏の所説を實驗的に吟味しつゝ鑄造用合金に就ても定量を試みて見た次第である。

II. 實 驗 装 置

實驗裝置は Fig. 1 に示すが如きものである。圖中 A

Fig. 1

は耐熱磁器製の真空室で試料 B はアルミナ製のポート C にのせて A 室内に入れる。この真空室の容積は豫め測

定して置く、E は電氣爐で真空室を加熱する。F は簡単な 1/50mm 迄の壓力を讀取る McLeod 真空計で真空室の壓力を測定する用に供する。G はスプレングル、ポンプで、これは水銀が細管内を落下する際の吸引作用を利用したもので致達真空度は 1/1000mm に達し得る。このポンプは排氣速度は小さいが簡単に作ることが出來て到達真空度も相當に高い長所がある⁽²⁾。このポンプは合金から放出された瓦斯を真空室から取出して瓦斯分析裝置に送る用に供する。實驗法は次の如くした。先づ真空裝置を動かして真空室を約 1/1000mm 程度の真空にする。然る後電氣爐 E により A 室を所定の溫度に達せしめる。この際加熱により真空室に残留せる瓦斯の膨脹及び真空壁に吸着された少量の氣體が分離して室の壓力は多少上昇するのは如何にしても免れ難い。著者の經驗によれば真空計の感度を餘り鋭敏にしても、徒らにこの影響による補正が大となり得るところが少なく、むしろ真空室の容積を小さくして試料の量を適當に選び簡単な真空計を用ふる方が却つて測定に好都合であつた。

從つて前述の如く 1/50mm 迄讀取る簡単な McLeod 真空計を採用した。この程度の感度にすれば白試験に於ける前述の影響は殆んど打消されて認められなくなつた。

加熱溫度は金屬の熔融點に近く選んで 700° にした。一般にアルミニウム合金に於ては溫度の上昇に伴ひ瓦斯の溶解量は増すと云はれて居るため溶解度の小さい熔融點附近で加熱して能ふかぎり瓦斯を完全に抽出するのを目的とした。

真空室に一定量の試料を入れて所定の溫度に保ち時々刻々真空室の壓力の増加を測定して、もはやその増加を認めざる時になつた後放冷して室溫に達せしめ、この時の真空室の壓力 p mm Hg、室溫 t° を測れば真空室の容積 V 及び試料の量 m は既知であるから直ちに N. T. P. に於ける試料 100g より放出せる瓦斯の量 v は計算出来る。即ち

$$v = \frac{pV \times 273 \times 100}{760 \times (273 + t) \times m}$$

III. 試料表面の清淨方法

既に Steinhäuser 氏が指摘した通り、先づ試料の表面の狀態が如何なる程度に影響を及ぼすかを吟味して見る必要がある。試料の表面に脂肪等の汚損があり、萬一これが真空抽出に際して氣化するものとすれば相當の容積の瓦斯に變ずべく、アルミニウムより放出される瓦斯が Steinhäuser 氏の云ふ如く少量であるとすれば實驗は殆んど無意味なものとなる。この點に關して氏の得たる結論は次の如きものである。即ち脂肪類をよく溶かし去り

(1) Steinhäuser, Z. Metallk., 26 (1934), 136.

(2) 早川數馬, 金屬の研究, 8 (1931), 98.

且つそれ自身も揮發性に富むエーテル、アルコール、ベンジンの如き洗剤で注意して試料の表面を洗ふも表面は容易に完全に清淨にはならない。かくの如く處理した後瓦斯の焰によつて表面を約 350° に焼き、有機物を焼却して始めて試料として用ひ得ると云ふのである。氏の眼目とする表面の清淨法はこの點にあると推察されるのである。

之に對する著者の意見は次の如くである。Steinhäuser 氏の實驗は甚だ注意深い觀察に立脚したものであるが、試料の表面を豫め瓦斯焰で熱する點に關して議論の餘地を生ずるのではないと思はれる。例へばこの處理によつて試料の表面に強固なアルミナの被膜を作つて瓦斯の放散が困難になるのではないかと云ふ疑ひも生ずるのである。従つて著者は少しく氏の方法を改めて次の如くした。

先づ塊狀の試料を取り、これを清淨な鋸を用ひて試片に切つた。鋸は能ふ限り注意してベンジン等の洗剤で洗ひ、更に小さき瓦斯焰で灼いたものを使用した。次に同様に處理した仕上師の用ふるスクレーパーを用ひて鋸で切り出した試料の表面をさらに削取り直ちにこれを前述の裝置に入れて瓦斯定量を試みた。この實驗を通じて試料の量は常に 10g と定めた。

かくの如くして試料を豫め加熱することを避けて議論の餘地を取除いたつもりである。第一着手としてアルミニウムに就きその試料の表面をベンジン、アルコール等の洗剤で清淨にしたものでは如何なる瓦斯量の値が出るか試みた。

アルミニウムを取り、その表面をベンジンを用ひて注意して洗ひ最後にソックスレー氏の裝置に入れて繰返して

蒸溜アルコールによつて表面を洗つたものに就て測定した。

實驗の結果は Fig. 2 に示すが如くなつた。

本實驗に於ては眞空室の容積は殆んど 200 cc であるから試料 100g に對する N. T. P. 下の瓦斯量を計算して圖中に附記することにした。この圖から判明する通りアルミニウムでは 5~6cc/100g 程度になり Steinhäuser 氏の値よりも遙かに大きい。これはむしろ洗剤たるベンジン又はアルコ

ールの幾分かが表面に頑強に吸着されて、これが眞空抽出に際して氣化するのではないかと思はれるのである。

いづれにせよ眞空抽出に際しては試料の表面が甚大な影響を持つことは確實と思はれる。次に著者の採用した方法によつて作つた試料に就て實驗を行つた。その結果

Fig. 3 Gases from samples free from surface contamination proposed by author's method.

は Fig. 3 に示す、これはアルミニウム地金四種に就て測定して見た。これより見るに Fig. 2 と同じアルミニウムで瓦斯量は 1.0~1.8cc/100g 程度の値を得た。

これと Steinhäuser 氏との結果を比較して見ると大體に於

て近いが著者の値の方が幾分大である。しかしオーダーに於てはかなりよく一致する。

かくの如くアルミニウムでは大體一致した値を得たから鑄造用合金に就ても測定を試みた。Fig. 3 にはこれ等の結果をも一括して示して居る。これより見るにシルミン、ラウタル系合金、Y 等はアルミニウムの 2~3 倍の瓦斯を有することが知られる。

IV. 熔解温度と水素吸収量との關係

アルミニウム合金鑄物では熔解温度を高むればピンホールの發生が著しくなると云はれて居る。前述の如く含有瓦斯の主成分は多くの研究によつて水素と云ふことに一致して居るから、熔解温度と水素吸収との間の關係を検して見た。

この點に就ては既に研究がある⁽³⁾⁽⁴⁾。著者は實際に用ひられる熔解温度附近で實驗を試みることにした。先づ試料を裝置内に入れ一旦眞空抽出をして瓦斯を除きたる後十分乾燥せる水素を眞空室に入れて種々の熔解温度に保ちながら水素と熔解せる試料とを種々の時間接觸させた後放冷し更に改めて眞空抽出により吸収瓦斯の量を定量した。定量は McLeod 眞空計の讀みが不變となつた時を抽出完全なりとした。

實驗結果は Fig. 4 に示す

この結果から見ると熔解温度を高くするに随つて水

Fig. 2 Amount of gas from aluminium samples washed with benzene and alcohol.

ことにした。この圖から判明する通りアルミニウムでは 5~6cc/100g 程度になり Steinhäuser 氏の値よりも遙かに大きい。これはむしろ洗剤たるベンジン又はアルコ

(3) 岩瀬慶三, 金屬の研究, 3 (1926), 119.

(4) Bircumshaw, Trans. Faraday Soc., 31 (1935), 1439.

素の吸収量が増加することが判明した。しかしこれと Fig. 3 とを比較すると一般に瓦斯量は前圖の結果よりも低い。これは熱い金屬表面で空氣中の水分が分解して生

ずる發生機の水素が迅速に溶解するのではないかと思はれる。これに對して前述の乾燥した水素は甚だ徐々に吸収されるものゝ如くである。更に N_2 に就ても同様に實驗したがこれは水素に比すれば溶解量は遙かに低

Fig. 4

800° に於て N_2 を種々の時間接觸させた後測定した結果をも Fig. 4 に示す。特にアルミニウムに於ては窒素の溶解量は甚だ低く、800° に於て、やうやく認め得られる程度になつた。

V. ピンホール除去方法の有効程度

ピンホールを除去する手段二、三のものに就てその効果の程度を検して見た。先づ第一に挙げられるものは再

Fig. 5 Comparison of various processes to eliminate pin holes in casting.

及び Slater 氏はこれ等の効果に就て詳細な研究を發表した⁽⁵⁾。Lautal 系の合金に就て以上の處理を行ひたる鑄塊から試料を採つて實驗した結果は Fig. 5 の如くなつた。

(5) Hanson, Slater, J. Inst. Metals, 46 (1931), 187.

これより見ると再熔解法も相當に効果があるが、窒素法はこれに優り、窒素法が最もよいと云ふ結果を得た。これ等の結果は合金の種類、除去處理の巧拙により直ちには斷定不可能であるが、窒素法が案外好結果を示したのは次の如き理由に基づくのではないかと思はれる。即ち熔融金屬中に含まれる瓦斯は温度がさがつて瓦斯の溶解度が減少しても直ちには氣泡として放出されずして過飽和状態に成り易く、これに窒素瓦斯を吹込めばこれが氣泡の核となつて過飽和状態が破られるのではないかと思はれる。

この意味に於て金屬と化學作用をする窒素の如きものよりも氣泡の核を作る化學的に不活潑な窒素の如きものが或ひは優れて居るのではないかと考へられるのである。Hanson 及び Slater の兩氏も窒素と窒素との混合瓦斯を用ふると一般にその効果が最も確實であるとした點はこの意味に於て興味あることに思はれる。

VI. 瓦斯分析

含有氣體の量は測定することが出來たから、今回はその氣體を捕集して瓦斯分析を試みて見た。この分析に於て最も困難な點は試料として捕集し得る瓦斯の量が甚だ少ない點である。例へば實驗に用ひたる試料は前述の如く 10.0 g であるから捕集し得る瓦斯量は 0.1~0.4 cc に過ぎない。従つて通常の分析裝置では測定不可能であるから次の如き裝置を考案した。

その要部は Fig. 6 (a) に示す如きものである。

Fig. 6 (a) (b) (c) (d).

A, B は硝子製の毛細管 (内徑約 1 mm) で作られた U 字管である。その一脚 A は瓦斯ビュレットに相當する役目をする。他の一脚圖示の通り大氣中に開いて居る。A 脚の末端は圖に示すが如く廣口の鐘形の瓦斯捕集球 C がついて居る。A と C とはゴック D によつて開閉される。このゴックは特殊の構造を有し、その硝子栓の側壁を Fig. 6 (b) に示すが如く削り落じてある。従つてこのコ

ックにより A と C とを連通させることも出来るし、A 及び C のいずれか一つを圖の如く閉じると共に他の一方を大氣と連絡させることが出来る。瓦斯を捕集するには Fig. 6 (c) の如くスプレングル、ポンプの排氣出口の上に瓦斯捕集球を据えて捕集球 C とビュレット A とを連通させた後分析装置の水銀溜 E を動かして捕集球 C 内に水銀を若干量吸上げる。この際ビュレットに捕集球からの空氣が入り来るため、コック D を廻してビュレットと大氣とを連絡せしめたる後 E を上げて、この空氣を大氣中に排出する。然る後捕集球とビュレットを再び連絡させ前の操作を繰返せば遂に分析装置全體を水銀で充たすことが出来る。然る後スプレングルポンプを働かせて真空室から抽出された瓦斯を取出す。瓦斯は圖示の如く水銀内を潜り氣泡になつて捕集球内に集まる。この瓦斯をビュレット A に送りコックを閉じて U 字管の兩脚の水銀柱の高さを等しからしめて、その位置を mm 尺 F で讀取る。次に Fig. 6(a) に示す如く吸収剤を小さなピーカー又は試験管に入れて、このなかに捕集球 C を浸す。この時にはコック D によつてビュレット A は閉ぢられて居るに反して捕集球 C は大氣と連絡して居るから球内の空氣は吸収剤によつて排除され球全部を吸収剤によつて充滿させることが出来る。而してビュレットと球を連絡させ瓦斯試料と吸収液とを接觸させる。

この時には捕集球 C は一種の吸収ビペットの用をなす。吸収後瓦斯をビュレットに歸らせコックを閉じて試料を最初の容積まで膨脹させる。かくの如くすれば吸収されて消滅した瓦斯成分の分壓が直ちに A, B 兩管の水銀柱の高さの讀みによつて求められる。但しこの際吸収液から水蒸氣が出て、それに相當してビュレット内の壓力が高まるから最初からビュレット A 内に極めて少量の水を入れて豫め水蒸氣で試料を飽和させてこれを防ぐ。

計算式には水蒸氣の壓に對する補正を加へた。即ち

$$k_a = \frac{p_a}{P - p_w} \times 100$$

こゝで k_a は吸収された瓦斯成分の %、 p_a は吸収された瓦斯成分の呈する分壓 mm Hg、 P は大氣壓 mm Hg、 p_w はその時の溫度に相當する飽和水蒸氣の壓力 mm Hg を表はす。この様にして吸収法により CO_2 、 CO を測定する。この方法は毛細管に幾分の不同があつても影響はないし、且つ試料の量の大小に無關係であり装置も簡単に作り得ると云ふ長所がある⁽⁶⁾。

吸収法によつて CO_2 、 CO を取去りたる残りは H_2 、 CH_4 、 N_2 である。 H_2 、 CH_4 の定量に先だち試料をよく水洗して CO 吸収の際用ひたるアンモニヤ性鹽化銅溶液より來

たれるアンモニアを除きたる後燃焼法によつて分析を行つた。水洗された試料をビュレットに歸らせ、コックを閉じ捕集球を酸素で充滿させた後捕集球の廣口に Fig. 6 (e) に示すが如く細き白金のフィラメントを有する摺合栓 G を氣密に嵌める。ビュレットと球とを連通させてフィラメントに電流を通じ、これを暗赤色に保つこと Winkler-Dennis の燃焼室と全く同じにする。かくの如くにして、試料を徐々に燃焼室に送れば H_2 、 CH_4 を完全に燃焼せしむることが可能である。この方法は電氣火花による爆發法に比すれば燃焼完全で信頼し得べきものと云はれて居るから採用した次第である。測定は次の如くした。先づ吸収を終はりたる瓦斯試料を大氣壓と鈞合せて、その位置を尺度で讀取る。而して前述の方法で試料を徐々に燃焼させる。この際暫時フィラメントを赤熱状態に保ち分析装置の水銀溜 E を上下させて十分に試料と酸素とを混合させて燃焼の完全を期した。

次に室溫に放冷してから水銀溜の高さを調節して瓦斯を燃焼前の容積迄膨脹させて燃焼により水と化して消滅した瓦斯の分壓を測る。この値を c mm Hg とする。次に CH_4 の燃焼によつて生じた CO_2 が燃焼後の殘留瓦斯中に何パーセントあるかを前述の吸収法によつて定めその値を $k'\text{CH}_4\%$ とする。これが終ればビュレットを大氣に連絡させ、ビュレットを水銀で充滿させて、燃焼室にも空氣を充たしてから摺合栓 G を嵌め燃焼法の時と同様に裝備した後この室の空氣をビュレットの最初の讀み迄膨脹させて、その時の壓力の降下を測り、この値を p mm Hg とする。即ちこの測定により試料に對して、いくばくの酸素を用ひたるかを知るのである。然る時にはこれ等の三つの測定によつて試料中の H_2 、 CH_4 の含量はそれぞれ次式によつて計算出来る。

$$k_{\text{CH}_4} = \frac{(P - p_w)}{p} \times \frac{k'\text{CH}_4}{100} \left\{ 1 - \frac{c}{P - p_w} \right\} \times \left\{ 100 - (k_{\text{CO}_2} + k_{\text{CO}}) \right\}$$

$$k_{\text{H}_2} = \frac{2}{3} \frac{P - p_w}{p} \left\{ \frac{c}{(P - p_w)} - 2k'\text{CH}_4/100 \right\} \times \left(1 - \frac{c}{P - p_w} \right) \times \left\{ 100 - (k_{\text{CO}_2} + k_{\text{CO}}) \right\}$$

ここで k_{CH_4} 、 k_{H_2} はそれぞれ求むるところの CH_4 及び H_2 の %、 p_w はその時の溫度に對する飽和水蒸氣の壓力 mm Hg、 k_{CO} 、 k_{CO_2} はそれぞれ吸収法によつて求められた試料中の CO 、 CO_2 の % を表はす。

本實驗では CO_2 、 CO 、 CH_4 、 H_2 の成分を測つた残りを窒素とした。

實驗結果は Table 1 の如くである。

この結果から見ると CO_2 及び CO は極めて少なく、著

(6) 高橋越二, 本誌, 1 (1937), 29.

者の得たものでは最大の場合でも約 2% に過ぎず、多くの場合は殆んど痕跡と云ふ結果を得た。これを Portevin, Chaudron 及び Hessenbruch 氏等のそれと比較すれば著しい差異がある⁽⁷⁾⁽⁸⁾。

Table 1 Analysis of gas in Al and its alloys.

Samples	CO ₂ %	CO %	H ₂ %	CH ₄ %	Rest (N ₂) %
Aluminium	1.9	2.2	87.5	4.6	6.0
	1.2	0.2	83.0	7.5	
mean	1.5	1.2	85.3	6.0	
Y alloy	0.1	trace	89.2	7.5	5.2
	1.8	0.1	81.0	10.0	
	trace	0.6	82.0	8.0	
	0.1	trace	81.8	7.8	
	1.6	1.6	90.7	10.2	
mean	0.7	0.5	84.9	8.7	
Silumin	trace	trace	85.0	3.2	10.3
(modified)	0.1	0.1	86.0	4.7	
mean	0.1	0.1	85.5	4.0	
Lautal	0.5	trace	94.0	4.4	0.5
(No. 309)	trace	0.5	93.0	5.5	
mean	0.2	0.2	94.0	5.0	

これ等の CO 及び CO₂ の成分は試料表面の脂肪等の汚損に由来すると云ふ。Steinhäuser 氏の説とよく一致した。水素は抽出瓦斯中の大部分を占め 85~94% 位の値が出た。これは Steinhäuser 氏の云ふところよりも更に高く、CH₄ は 4~8% で氏の結果よりも遙かに少なかった。ともかく水素が圧倒的に多いことが結論される。水素は如何にして吸収されるかと云ふに既に Claus 氏⁽⁹⁾ 又最近水谷、橋本の兩氏の詳細な研究⁽¹⁰⁾ によつて明らかな如く、主として水分が合金を溶解するに際して金屬表

面で分解して吸蔵せられるものと思はれるのである。

VII. 結 論

1. アルミニウム中の含有瓦斯の定量は、これまで多くの研究者があり、その測定値に甚だしい差異があつたが、この點に關する Steinhäuser 氏の意見を實驗的に吟味した結果、これは用いた試料の表面の清淨の程度によると云ふ同氏の見解が正しいと思はれることを知つた。

2. 然しながら Steinhäuser 氏の試料表面の清淨法は種々の議論を生ずる餘地の有ることを認めたから、著者は少しくこれを改めて清淨な表面を有する試料の最も妥當と思はれる作り方を提案した。

3. この方法によつて作つた試料を用ひて真空抽出法によつてアルミニウム及びその二、三の鑄造用合金中に含有せられる瓦斯を定量した結果著者の得た結果ではアルミニウムで 1.5cc/100g 前後、合金ではその 2~3 倍の含有量があると云ふことになつた。

4. アルミニウム及びその合金に對する H₂ 及び N₂ の溶解量と温度との關係を検した結果温度を上昇させるにつれて瓦斯の溶解量も亦増加することを認めた。

5. ピンホールを除去する手段として用ひられる再溶解法、鹽素處理法、窒素法等が如何なる程度に有効であるかを檢して見た。

6. 真空抽出法で得た瓦斯を捕集して瓦斯分析を試みて見た結果 H₂ が圧倒的に多くその量は約 90% を占めその他は CH₄ 及び N₂ よりなり CH₄ の量は約 6% 程度であつた。CO 及び CO₂ は甚だ少なく著者の實驗では殆んど認められないと云ふ例が多かつた Steinhäuser 氏によれば CO、CO₂ の如き成分は試料表面の有機性の汚損に由来すると云つて居るが著者の實驗結果もこの説を支持した。

終りに臨み山路利雄、坂本幸一、仲希彦の三氏が終始熱心に多大の努力を拂はれたることに對して感謝の意を表す。

(7) Hessenbruch, Z. Metallk., 21 (1929), 46.

(8) Portevin, Chaudron, Moreau, Sci. Rep. Tohoku Imp. Univ. K. Honda's Anniversary, Vol. (1936), 933.

(9) Claus, Z. Metallk., 21 (1929), 268.

(10) 水谷延三郎、橋本春男、アルミニウム, 1 (1941), 41.

日 本 金 属 學 會 刊 行

鑄物(輕合金を含む)の巢に就て

★

續・鑄物の巢に就て

【再 版】

合冊普及版・A4判

紙 装 74 頁・70 錢

“鑄物”の全野にわたり諸知識を動員して獨創的研究を示し、學界における不斷の趨勢を一瞥の下に鳥瞰し得ると共に、幾多業界の缺陷を是正すべき示唆を寄與するであらう。

既 刊・鋼(炭素鋼、特殊鋼)の熱處理と歪、焼入れその他[題版・品切]

發 賣 日 本 金 属 學 會・丸 善 株 式 會 社