鑄造用アルミニウム合金の摩耗に関する研究

(第1報) 摩 耗 特 性 に つ い て*

岡林邦夫** 中谷義三*** 野谷秀雄*** 川本 信***

Study on wear of casting aluminium alloys

(UDC669.715-14:539.538)

(1st report) On the wear characteristics

OKABAYASHI Kunio** NAKATANI Yoshizo***

NOTANI Hideo*** KAWAMOTO Makoto***

Recently the demand for aluminium alloys with a view to lightening the weight of various machine parts has been increasing in the field of the automobile and other industries. However, there are few data obtainable concerning the wear characteristics of aluminium alloys. So how some of the typical casting aluminium alloys, e.g., Latal, Low-Ex., Y-alloy and hyper-eutectic Aluminium-Silicon alloy wear out against the same alloys and carbon steel respectively, is examined under unlubricated condition. The results are summarized as follows.

1. In discussing the wear resistance of materials, it is to be noted that wear varies with the combination of materials to be pitted against such other.
2. In the case of alloys against the same kind of alloys, the wear resistance of aluminium alloys is sometimes firmer than that of the carbon steel at relatively low speed of sliding, but as the sliding speed is increased, Latal, Low-Ex. and Y-alloy may generate a partial welding phenomenon (scuffing) on the frictional surface. This is particularly remarkable in Latal and Low-Ex. because the melting point of aluminium alloys is relatively low. However, it is of interest that so far as this experiment goes scuffing does not occur in hyper-eutectic Aluminium-Silicon alloy, and the wear loss of this alloy is far smaller than those of other aluminium alloys.
3. In the case of aluminium alloys against carbon steel the wear loss is very small irrespective of the sliding speed and the contact pressure. In this experiment, those combinations reveal mild wear and the surface roughness is very little.

(Received July 27, 1964)

1. 緒 言

近年、自動車工業をはじめ各種産業機械において軽量化を目的としたアルミニウム合金の需要が増大し、各方面にその用途が拡大しつつある現状であるが、使用目的によつては摩耗に関する性質が重要な問題となりつつある。

しかし、一般的にアルミニウム合金は摩耗に弱いものと考えられ、摩擦を受ける機械構造部分に対してはその使用がさけられる傾向にあるが、これまでにアルミニウム合金の摩耗に関する基礎的資料がきわめて少ないの

で、これを明らかにすることが必要である。そこで、まず現在一般に多く使用されている鑄造用アルミニウム合金のうち代表的合金である、ラウタル、ロー・エツクス、Y合金、過共晶 Al-Si 合金の摩耗特性を明らかにするとともに、さらに炭素鋼、鑄鉄の摩耗特性との比較検討をもあわせて行なつた。

2. 実験方法

2.1 試験機の概要

使用した試験機は特別に設計製作したもので、その主要部を **Photo. 1** に、またその構造の概略を **Fig. 1** に示

* 本論文は軽金属研究会第21回(昭和36.11.8)秋期大会

第22回(昭和37.6.6)春期大会

第23回(昭和37.11.15)秋期大会

第24回(昭和38.11.28)秋期大会に発表したものである。

** 大阪府立大学工学部 工博 Faculty of Eng. Univ. of Osaka Prefecture, Dr. Eng.

*** 大阪府立大学工学部 Faculty of Eng. Univ. of Osaka Prefecture

Fig.1 Skeleton diagram of wear tester.

す。

試験機の性能の詳細は別報¹⁾に示すごとくであるが、1 HPモーターにより駆動されて水平に回転するリング試験片(13)の上面より、円柱形のロッド試験片(12)をスプリングによる一定圧力で押しつけて摺動摩擦を行なわせる方式である。

試験機の主要構造の概要を説明すると、Fig.1において、(1)は真空中または各種ガス雰囲気中で試験する場合に使用する鋼製ベルジャー、(2)は支柱、(3)は球軸受に支持され自由に回転しうる軸で、上端に摩擦力測定用の滑車(4)が固定されている。(5)は摩擦力測定用滑車、(6)は同じくスプリングバランス、(7)はロッド試験片(12)を昇降せしめる操作棒でハンドル(8)により操作される。(9)は摩擦力測定用アーム、(10)は荷重用スプリングで圧縮ネジ(11)により調節される。(14)は排気装置に連結される排気管、(15)は真空用のゴム製パッキングである。

摩擦速度は無段変速機によつて 50~2000 rpm (周速 0.205~3.20 m/s) の範囲に変速しうる。なお本試験機は、排気装置に接続することにより 1.5×10^{-5} mmHg までの真空中、並びに各種ガス雰囲気中での摩擦試験を行なうように設計された特殊な摩擦試験機である。

2.2 テストピースの種類および形状

本実験に使用した供試材の種類と化学組成を Table 1 に示し、またそれらの casting, 熱処理条件および硬度を Table 2 に示す。なお鋼と鋳鉄は比較参考のために使用したものである。

各供試材の顕微鏡組織は、Photo.2 のごとくいずれも標準的な組織を呈するものである。

ロッド試験片とリング試験片の形状と寸法は、Fig. 2 に示すごとくであり、摩擦面の仕上げはエメリーペーパー #4 で研磨し、最初の表面粗さを $H_{max}, 0.3 \times 10^{-2}$ mm に一定とした。

2.3 試験方法および試験条件

(a) Rod specimen

(b) Ring specimen

Fig.2 Shape and dimension of Specimens.

摩擦は相手材料の種類いかんによつて著しく変化するものであるから、組合わせは次のごとくとした。

(1) 同質材同志

(2) アルミニウム合金-炭素鋼

また試験条件は次の範囲とした。

摩擦速度 0.41~4.10 m/s (100~1000 rpm); 接触圧力 1~10 kg/cm²

なお本実験はいずれも無給油の乾性摩擦で行なつた。

材料の耐摩耗性を論ずるにさいして重要なことは、元来摩耗現象は相手のあることであり、土砂を相手とするような場合を除いてほとんどすべての場合、その材料自体の摩耗とともに、相手材の摩耗をも十分に考慮せねばならない。たとえば、シリンダーとピストンリング、ブレーキシューとタイヤのごとき組合わせにおいて、たとえ一方が耐摩耗性のある材料であつても相手材を著しく摩耗せしめるようなものは決して適当な材料とはいえない。

また摩耗の進行過程においては、一般に初期摩耗と定常摩耗の段階があり、そのうち初期摩耗域では一般にばらつきが大きく、かつ再現性に乏しいおそれがある²⁾。かかる見地より本実験では上記の各試験条件における摩耗の進行過程を明らかにするとともに、初期摩耗と定常摩耗との関係を明確にするために、まず最初に試験開始後の一定摩擦距離 125, 250, 500, 1000, 1500 m (500, 1000, 2000, 4000, 6000 回転) ごとに、ロッド、リング両試験片の摩耗減量を測定し、総回転数(摩擦距離)と累積摩耗量との関係を示す摩耗曲線を各試験条件について作製した。

なお摩耗減量の測定は試験片をベンジン、アルコール、エーテルの順に洗滌し、これをドライヤーで十分に乾燥した後、化学天秤で秤量を行なつた。

Table 1 Chemical composition of specimens.

Specimen	Si	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ni	Ti	Ca	C	P	S	Fe	Al
Lautal (AC2A-F)	6.20	3.44	0.25	0.63	—	2.07	—	—	—	—	—	—	0.63	bal.
Y-alloy (AC5A-T6)	0.18	4.05	tr	1.46	0.01	—	2.15	0.61	—	—	—	—	0.35	bal.
Low-Ex. (AC8A-T6)	11.22	1.08	0.29	1.14	—	0.16	1.56	—	—	—	—	—	0.54	bal.
High silicon alloy (21.60% Si-Al)	21.60	2.20	—	0.30	0.40	—	—	0.50	0.50	—	—	—	—	bal.
Carbon steel	0.25	0.25	0.53	—	0.11	—	—	—	—	0.60	0.020	0.018	bal.	—
Cast iron	2.13	0.75	0.95	—	0.38	—	—	—	—	3.01	0.091	0.083	bal.	—

Table 2 Condition and hardness of specimens.

Specimen	Hardness (HRB)	Condition
Lautal	64.0	Cast in permanent mold
Y-alloy	66.3	515°C×3hrs. Quenched in 80°C water, 235°C×7hrs. Tempered
Low-Ex.	73.5	495°C×5hrs. Quenched in water, 175°C×16hrs. Tempered
High silicon alloy	63.0	220°C×4hrs. Tempered
Carbon steel	84.3	850°C×3hrs. Furnace cooled
Cast iron	103.5	Cast in sand mold

3. 実験結果

3.1 同質材同志の摩耗

(1) 摩耗曲線

アルミニウム合金について同質材同志の組合わせにて、各種の試験条件における総回転数と累積摩耗量との関係を示す摩耗曲線を求めた。その一例として、ラウタル、ロー・エツクス、Y合金、過共晶 Al-Si 合金について、接触圧力 4kg/cm² にて摩擦速度を変化した場合の摩耗曲線をそれぞれ Fig. 3～S に示す。各図において、左図にロッド試験片、右図にリング試験片の摩耗の進行過程を対照して示した。

これらの結果より明らかなごとく、過共晶 Al-Si 合金の場合を除いて、ロッド試験片とリング試験片の摩耗の進行過程が著しく異なる。またラウタルとロー・エツクスはほぼ同様な摩耗傾向を呈するのに対して、過共晶 Al-Si 合金はこれら二者とは異なり、ロッド、リング両試験片ともに摩擦速度が変化しても摩耗は非常に僅少である。Y合金は両者の中間的な摩耗傾向を呈する。

さらに詳しくこれらの結果を解析すると、ロッド試験片については、ラウタル、ロー・エツクスは摩擦速度が、2.46m/s 以上になると、短時間に摩耗が急激に増大して異常摩耗を示す。これに対して過共晶 Al-Si 合金は高速になっても摩耗はほとんど進行せず、また Y合金はその中間的な傾向を示す。一方リング試験片においては、過共晶 Al-Si 合金を除き約 2,000 回転までは、初期

摩耗現象を生じて摩耗は著しいが、それ以降は定常摩耗となり、ほぼ一定速度で摩耗が進行する。また摩擦速度がある値以上になると、ロッド試験片の摩耗が急激に増大するのと対照的に、リング試験片の摩耗は逆に減少する。この現象は摩擦速度の増大とともに摩擦面の温度が上昇することにより、ロッド試験片の一部がリング試験片の摩擦面に溶着して、いわゆる焼付現象を生じた結果である。これに対して、過共晶 Al-Si 合金は初期摩耗現象をまったく示さず、終始一定速度で摩耗が進行し、かつ高速になっても摩耗は非常に少ない。これは組織中に一様に象眼された堅硬な初晶 Si 粒の存在によるものと考えられ、他の試料とはまったく異なった摩耗現象を生ずることは興味ある現象である。

次にこれらの摩耗曲線から、各試料の摩耗特性を求めるに際して下記のごとき方法を採用した。すなわち予備実験の結果より、上記摩耗曲線の初期摩耗域においては、試験片の当り具合、摩擦面の初期の研削作用その他の因子が介在するために、一般に実験結果にばらつきが大きく、再現性に乏しいおそれがある。しかし定常摩耗域に入ると摩耗曲線群はほぼ直線となり、ばらつきも少なくほぼ満足すべき再現性を示す。本実験によつて得られた各摩耗曲線においては、2,000 回転までに初期摩耗を完了し、それ以降は定常摩耗域に入り、摩耗は試験時間の経過とともにほぼ一定速度で進行する。したがって、この摩耗速度をもつて各試験条件における摩耗の基準とするのがもつとも妥当と考えられる。かかる見地よ

り、各摩耗曲線における2,000回転以降の定常摩耗域において、摩擦距離1 km 当りの摩耗量を算出し、これによつて各試料の摩耗特性の比較を行なつた。

(2)速度特性(摩擦速度と摩耗との関係)

各種アルミニウム合金の同質材同志の場合について、接触圧力を4 kg/cm²(低圧)および8 kg/cm²(高圧)にした時の摩耗におよぼす摩擦速度の影響を一括してFig. 7に示す。縦軸の摩耗量は前述のごとく、定常摩耗域における摩擦距離1 km 当りの摩耗量を対数目盛で表わしたものである。またFig. 8は、まったく同様に炭素鋼または鋳鉄の同質材同志の場合についての実験結果を比較参考のために示したものである。

Photo. 1 Principal part of wear tester.

両者を比較すると明らかなごとく、鋼または鋳鉄同志の摩耗においては、ロッド、リング両試験片ともほぼ同様な摩耗傾向を呈するが、アルミニウム合金同志では、ロッド試験片と相手のリング試験片の摩耗傾向が著しく異なることは興味ある現象である。Fig. 7において、ロッド試験片の摩耗は、低圧(4kg/cm²)の場合、低速ではいずれのアルミニウム合金も少ないが、速度が増すにつれて増大し、ラウタル、ロー・エックスでは2.46m/sで摩耗はほぼ最大になる。また高圧(8kg/cm²)の下では、摩擦速度が大になると焼付が著しく試験の続行が不可能であつた。Y合金はこれら二者に比して速度の増加に伴う摩耗の増大は比較的少なく、さらに過共晶Al-Si合金は低圧、高圧のいずれにおいても速度が増しても摩耗はほとんど増加することなく、また摩耗量も非常に少ない特徴を示した。一方相手方のリング試験片の摩耗は、過共晶Al-Si合金では速度の増大とともに次第に減少するのに対し、他の合金では速度とともに急激に増大し、ある速度で最大値を示した後、逆に減少する。このように摩耗量が減少するのは、速度の増大に伴う摩擦面温度の上昇により、ロッド試験片の一部がリング試験片の摩擦面に溶着して焼付現象を生じるためである。すなわち焼付が生じると、ロッド試験片の摩耗は急激に増大するのに対しリング試験片の摩耗は逆に減少する。

Y合金はラウタル、ロー・エックスに比して摩耗量が最大になる速度が高いことは、速度に対する焼付限界が比較的高く、耐熱性と高温硬度が高い²⁾ことによるものである。また過共晶Al-Si合金では、堅硬な初晶Si粒子が介在するために焼付現象は認められない。

なお炭素鋼同志の摩耗はFig. 8から明らかなごとく、低速において激しく、0.2 m/s以下に摩耗量が最大となる臨界速度が存在し、速度の増大とともに摩耗は急激に

Lautal

Low-Ex.

Y-alloy

High silicon alloy

Carbon steel

Cast iron

Photo. 2 Microstructure of specimens. (×90)

Fig.3 Wear loss of Latal sliding on Latal (Contact pressure...4kg/cm²).

Fig.4 Wear loss of Low-Ex. sliding on Low-Ex. (Contact pressure...4kg/cm²).

Fig.5 Wear loss of Y-alloy sliding on Y-alloy (Contact pressure...4kg/cm²).

Fig.6 Wear loss of high silicon alloy sliding on high silicon alloy (Contact pressure...4kg/cm²).

減少する。また铸铁同志においては、摩耗は低速では少ないが、速度とともに急激に増大する。すなわち低圧(4kg/cm²)では1.5m/s前後に、高圧(8kg/cm²)では0.8m/s前後に臨界速度(これは接触圧力が増すにしたがい低速側に移行する)が存在し、これ以上では速度とともに摩耗は急激に減少する。この臨界速度においては、機械的破壊摩耗がもつとも顕著になって摩耗が最大となるもので、アルミニウム合金の場合とはその摩耗機構を異にするものである。

(3) 圧力特性 (接触圧力と摩耗との関係)

Fig.9 にアルミニウム合金同志、比較参考のために Fig.10 に炭素鋼および铸铁同志の組合わせについて、摩

擦速度を低速(0.82m/s)と高速(3.28m/s)にした場合の摩耗におよぼす接触圧力の影響を示す。前記のごとく、鋼および铸铁ではロッド、リング両試験片が相似の摩耗傾向を呈するが、アルミニウム合金では両試験片の摩耗傾向が著しく異なる。

Fig.9 においてロッド試験片については、低速の場合にはいずれのアルミニウム合金も圧力が増しても摩耗は少ない。しかし高速になると、ラウタル、ロー・エックスではたとえ圧力が低くても焼付が生じて摩耗は異常に増大する。この現象は圧力の増加につれてさらに著しくなる。これに対し、過共晶 Al-Si 合金は低速、高速にかかわらず、圧力が増しても焼付を生ずることなく、かつ

Fig.7 Wear rate of aluminium alloys sliding on the same metals.

ほとんど摩耗しない。またY合金はその中間的傾向を示し、高速では圧力の増加につれて摩耗は次第に増加する。しかし、ラウタル、ロー・エックスに比して焼付限界が高く耐熱性にすぐれることを示す。一方相手方のリング試験片は、低圧でも摩耗は比較的多く、低速の場合には圧力の増加とともに摩耗は増大する傾向を示す。ラ

ウタル、ロー・エックスでは圧力 6kg/cm^2 で摩耗が最大となる臨界圧力が認められるが、過共晶 Al-Si 合金では圧力の影響が比較的少ない。また高速の場合には、ラウタル、ロー・エックスではたとえ圧力が低くても容易に焼付を生じる。その結果、圧力の増加につれてリング試験片の摩耗は逆に減少する。これに対して、過共晶 Al-Si 合金

Fig.8 Wear rate of carbon steel and cast iron sliding on the same metals.

では高速、高压摩擦でも焼付はなく、かつ摩擦も少ない。またY合金はロッド試験片の場合と同様両者の中間的傾向を示し、比較的耐熱性に富む。

以上の結果より、ラウタル、ロー・エックスは低速の

場合には、多少圧力が高くなっても十分使用に耐えうるが、高速になるとたとえ圧力が低くても直ちに焼付を生じて使用に耐えない。Y合金は低速では圧力が増しても摩擦は少なく、高速でも圧力が比較的低い範囲において

Fig.9 Wear rate of Aluminium alloys sliding on the same metals.

は十分に使用に耐えうる。さらに過共晶 Al-Si 合金は低速でも高速でも、また圧力が増しても摩耗はきわめて少なく、かつ焼付を生ずることなく、非常に優れた摩耗特性を示す。

次に、炭素鋼同志の摩耗は Fig.10 に示すごとく、低速では多く、高速では少なく、圧力の影響は比較的小さい、また鋳鉄同志の場合は、高速では摩耗は少ないが、低速(0.82m/s)では圧力の影響がきわめて大きく、約

Fig.10 Wear rate of carbon steel and cast iron sliding on the same metals.

6 kg/cm² 以上になると摩耗が急激に増大することは、鋳鉄の摩耗に対する臨界圧力として注意すべきことである。

3.2 異質材組合せの摩耗 (炭素鋼を相手とした場合)

(1) 摩耗曲線

アルミニウム合金をロッド試験片、炭素鋼をリング試

Fig.11 Wear loss of Y-alloy sliding on carbon steel (Contact pressure...4kg/cm²).

Fig.12 Wear loss of high silicon alloy sliding on carbon steel (Contact pressure...4kg/cm²)

験片として、各種の試験条件において、総回転数（摩擦距離）と累積摩耗量との関係を示す摩耗曲線を求めた。その一例として、Y合金、過共晶 Al-Si 合金の炭素鋼に対する組合せ摩耗の結果を Fig.11, 12 に示す。いずれも接触圧力を 4kg/cm² として、摩擦速度を変化せしめた場合の結果である。

以上の結果を、前記の Fig.3~5 のアルミニウム合金同志の摩耗曲線と比較すれば明らかなごとく、相手材が代わることによりアルミニウム合金の摩耗傾向は著しく変化する。すなわちロッド（アルミニウム合金）、リング（鋼）両試験片ともにほぼ同様な摩耗傾向を示し、初期摩耗現象は現れず、速度が早くなつても焼付を生ずることなく、かつアルミニウム合金も相手の炭素鋼もともにその摩耗はきわめて僅少となる。

なお、この傾向はラウタル、ロー・エックスを炭素鋼に組合せた場合についても同様である。

(2) 速度特性（摩擦速度と摩耗との関係）

上記のごとき摩耗曲線より、炭素鋼を相手とした場合の各種アルミニウム合金の摩耗におよぼす摩擦速度の影響を求めた。Fig.13 は炭素鋼相手の結果を一括して示したものである。上図(a)は接触圧力 4kg/cm²（低圧）、下図(b)は 8 kg/cm²（高圧）の場合の結果であり、また左図は各種アルミニウム合金ロッド試験片の摩耗、右図は相手の炭素鋼リング試験片の摩耗を対照して示したものである。

これらの結果を前記 Fig.7 のアルミニウム合金同質材同志および Fig.8 の炭素鋼または鋳鉄同質材同志の結果と比較すると明らかなごとく、アルミニウム合金同志では速度が早くなると過共晶 Al-Si 合金以外は容易に焼付現象を生じて、摩耗が急激に増大する異常摩耗すなわち severe wear を呈し、また鋼または鋳鉄同志ではある速

度で摩耗が著しく大となる臨界速度の存在が認められたのに対して、この異質材組合せ摩耗においては速度が早くなつても焼付現象はまったく認められず終始 mild wear を呈し、いずれのアルミニウム合金もまた相手の鋼もともに摩耗は非常に僅少となり、試験条件によつては同質材同志の場合に比較して、その摩耗は 1/100~1/1,000 の範囲にまで減少し、かつ速度の増大とともに摩耗がむしろ減少する傾向を示し、きわめて良好な摩耗特性を呈する。この原因に関して、摩擦係数、摩擦面の表面状況などについて検討した結果を第 2 報において述べる予定である。

なお本実験結果において、摩耗量が 10mg/1000m 以下の微量範囲における多少の変化はほとんど実験誤差範囲のものである。

(3) 圧力特性（接触圧力と摩耗との関係）

次に摩耗曲線より、炭素鋼を相手とした場合の各種アルミニウム合金の摩耗におよぼす接触圧力の影響を求め、Fig.14 にその結果を示す。上図(a)は摩擦速度 0.82 m/s（低速）、下図(b)は 3.28m/s（高速）における圧力と摩耗の関係を示す。

これらの結果を Fig.9 のアルミニウム合金同質材同志および Fig.10 の炭素鋼または鋳鉄同質材同志の結果と比較すると明らかなごとく、この異質材組合せ摩耗においては、低速、高速を問わず圧力が増しても焼付現象は認められず、終始 mild wear を呈し、いずれのアルミニウム合金もまた相手の炭素鋼もともにその摩耗は非常に僅少である。圧力が増すにしたがいや摩耗は増す傾向にあるが、これらの組合せはきわめて良好な摩耗特性を呈する。

4. 結 言

Fig.13 Wear rate of aluminium alloys sliding on carbon steel.

(a) Frictional velocity...0.82 m/s

(b) Frictional velocity...3.28m/s

Fig.14 Wear rate of aluminium alloys sliding on carbon steel.

代表的な鑄造用アルミニウム合金の摩耗特性を明らかにするとともに、あわせて炭素鋼および鑄鉄の摩耗特性との比較検討を行なった。実験結果を要約すると、本実験範囲においては、

(1) 摩耗は相手材料のいかんによって決定される性質のものである。したがって材料の耐摩耗性を論ずる場合には、いかなる材料に対する耐摩耗性であるかということがもつとも重要なことである。

(2) アルミニウム合金は鉄鋼材料に比して融点が低いために、同質材同志の組合わせでは溶融溶着摩耗による焼付現象を生じやすく、とくに速度が大きくなるとラウタル、ロー・エックスは使用に耐えない。しかし過共晶 Al-Si 合金はその例外で焼付は認められなかった。

なお焼付に対しては、接触圧力よりも摩擦速度の方が支配的な影響を有する。

(3) アルミニウム合金同質材同志の組合わせは、比較的低速の範囲（約 1 m/s 以下）では焼付を生ずることなく、低速の範囲に臨界速度を有する炭素鋼あるいは鑄鉄よりもむしろ耐摩耗性がすぐれる場合もある。一般的に耐摩耗性は過共晶 Al-Si 合金、Y 合金、ロー・エックス、ラウタルの順であり、とくに過共晶 Al-Si 合金は速度、圧力のいかんに関せずきわめてすぐれた耐摩耗性を示す。なおロー・エックスとラウタルの耐摩耗性はほと

んど同程度であつた。

(4) 炭素鋼を相手とした場合には、いずれのアルミニウム合金も速度、圧力のいかんに関せず焼付を生ずることなく摩耗は非常に僅少であり、また相手の炭素鋼の摩耗もきわめて少なく、きわめてすぐれた摩耗特性を示す。なお鑄鉄を相手とした場合も、炭素鋼相手の場合と同様すぐれた摩耗特性を示したが、この詳細は別報に報告する予定である。

本研究は大阪府立大学名誉教授齋藤省三先生の指導によって行なわれたものであり、本研究の遂行にあたり、終始熱心に実験に協力された岡田孝夫、桑原絢夫、山中篤諸君の労を多とするものである。

なお実験試料の御提示をいただいた住友軽金属工業㈱ならびにダイハツ工業㈱の御厚意に対し心から謝意を表する。

終りに臨み、本研究費の一部は財団法人軽金属奨学会の研究補助金の御援助によつたことを付記して厚く感謝の意を表する次第である。

参 考 文 献

- 1) 中村、齋藤、岡林；日本金属学会誌，
27 (1963) 257
- 2) 山根、木下：鑄物，35 (1963) 9 (別冊) 37

軽 金 属 研 究 会 入 会 手 続

軽金属研究会は、軽金属（アルミニウム、マグネシウム、チタンなど）事業に関歴、または関係ある個人

は誰れでも入会できます。会員は“軽金属”に投稿し、無償頒布を受け、各種会合・催し物にも出席できます。

御希望の方は、(1)氏名、(2)生年月日、(3)自宅・勤務先の住所、名称、地位、(4)主な学歴（最終卒業年月

日）、学位称号、(5)主な職歴を記入した入会申込書（様式適宜）に会費1,000円を添えて御送付下さい。会費

は小為または振替口座（東京118744番 軽金属協会）を御利用下さい。