

鑄造用亜鉛合金に関する研究 (第4報)

亜鉛及びその合金の流動性について

和田次郎・笹川雅信

Study on the Zinc Base Alloys used for Casting. IV

On the Running Quality Measurement of Zinc and its Alloys.

Jiro WADA and Masanobu SASAGAWA.

ABSTRACT—A new apparatus for measuring the running quality of molten metals and alloys has been designed by the authors. This apparatus consists of three parts; a metallic mould having a straight measuring canal about 150 cm long whose cross section is an inverted trapezoid, a metallic mould of a cylindrical type which acts as a reservoir for the molten metal, and a metallic mould acting as a part connecting metallic mould reservoir and the measuring canal.

After filling the metallic mould reservoir with the molten charge, a stopper is removed and the charge is poured into the test mould.

By using this apparatus, the running quality of pure zinc and zinc alloys, which contain aluminium, copper, magnesium, is studied. The results obtained are as follows: (1) the running quality of zinc alloys decreases considerably by an addition of aluminium above 4%, (2) the running quality, also, decreases remarkably by an addition of a small amount of magnesium, (3) the running quality is improved by the higher pouring and mould temperature, in spite of magnesium content, (4) remelting is undesirable for the running quality, (5) the running quality in zinc-aluminium-copper ternary alloys containing aluminium up to 5% decreases by an addition of copper, but in the alloys of 7% aluminium increases by increasing copper content.

(Received September 10, 1951)

1. 緒 言

鑄造作業に於て満足な鑄物を得る第一條件は溶融金属及び合金が鑄型内に均等に流れ込んで、その一部が凝固して残部の流入を妨げぬ間に極めて薄い部分をも完全に充すことである。此の型の内部を完全に充す能力を以て示される性質を此處では流動性と呼ぶことにする。此の流動性は種々の要素によつて支配される総合的な性質で溶融金属及び合金の可鑄性の最も重要な要素であつて、物理學上で云う粘性の逆数ではない。

Zn の流動性については M. A. Courty⁽¹⁾ が鑄込圧と鑄込温度を變えて實驗を行い、610°C 迄の範圍では流動長は鑄込温度の上昇に對して直線的に長くなること、又鑄込壓の増大に比例して流動長の長くなることを明にした。

Zn 合金の流動性については、A. Burkhardt, F. Huth, E. Koops⁽²⁾ が Zamak 系合金について行つている。その結果鑄型温度の上昇と共に流動性は良くなり、又鑄込温度の上昇と共にやはり流動性が良くなることを明にした。又 Al 4% を含

むものに Cu 0~3% を加え、之に Mg を添加せぬ場合と 0.03% Mg を添加した場合について、Cu, Mg の流動性に及ぼす影響を調べている。その結果 Mg を添加せぬ場合は Cu の増量と共に流動性は悪くなる。處が Mg を 0.03% 添加すれば Cu 2% 迄は Mg 0% の場合より流動性が悪いが、2% 以上では Mg の入った方がむしろ流動性は良くなっている。

著者等は Zn 及び Zn 合金の流動性に對する實驗が上述の如く少いので Zamak 合金の流動性に及ぼす Mg の限界を識る目的で、新しく考案製作せる流動性測定装置を用いて研究を進めることとした。

2. 試料の調製

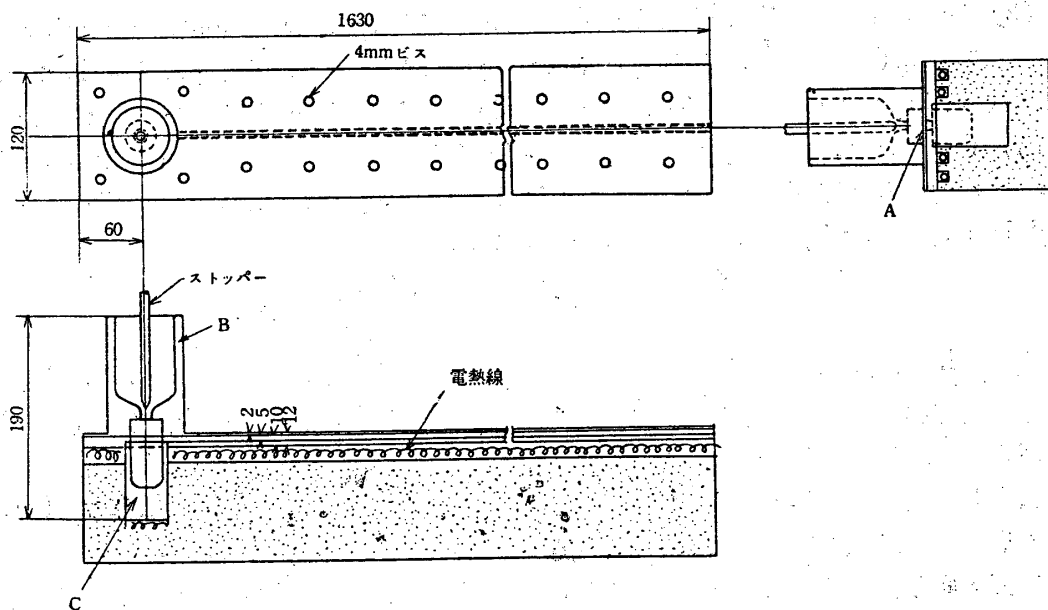
實驗に用いた Zn 地金は Pb 0.005%, Fe 0.001%, Cu 0.001% 及び Cd 痕跡のもの、Pb 0.003%, Fe 0.001%, Cu 及び Cd 痕跡のものとの二種類の four nine Zn である。又 Al は 99.97% 以上, Mg は 99.9% 以上, Cu は 99.94% 以上のものを使用した。尙各合金元素の添加に際しては, Al は 20% Al-Zn 母合金, Mg は 3% Mg-Zn 母合金, Cu は 20.22% Cu-Zn 母合金を夫々使用した。

又溶劑としては NH_4Cl を使用した。

3. 實驗装置及び實驗方法

溶融金屬の流動性を最も適切に量的に示し得る尺度として従來一定斷面積の湯道を有する鑄型に溶融金屬を流し込んでその金屬が凝固する迄に流れた距離を以てする方法が採用されている。その他流入凝固した金屬の重量で測定する場合もあるが、之は湯道に流れた金屬が不規則で長さを尺度とし得ないからである。著者等は従來通りの一定斷面積の湯道に流し込んだ金屬の凝固した長さを用いた。

流動性は鑄型の性狀及び鑄込條件によつて甚しく影響されるので、測定装置によつてその數値は變動するが、同一装置を使用した場合にはそれで合金の比較を行うことは可能である。それ故成可く正確度の高い結果を得る装置を用いる必要がある。鑄型材料としては砂型と金型とがあるが、實驗條件を均一にするには金型の方が有利であるので、金型を採用した。又鑄型の形狀には湯道が直線状のものと曲線状のものとあるが、製作が簡單で且つ流動長の比較的短い場合には却つて直線状湯道の方が正確を期することが出来るので、之を採用した。此の場合の湯道の斷面は梯形のものを用いた。その他は第 1 圖に示す如く Courty の原理によつた。



第 1 圖 流動性測定装置 (單位 mm)

第 1 圖で A は測定湯道の型で斷面は上面 4mm, 底面 3mm, 高さ 5mm の梯形である。湯道は長

さ 1530mm の鑄鐵製で、此の上に軟鋼板を載せビス止め出来るようにしてある。湯道はイソライ

トの上に載せ、イソライト上に電熱線を置き加熱し得るようにした。湯道面はカオリンを細く砕いて水に入れ乳濁液を作り、之を刷子で極めて薄く塗布して約 100°C で乾燥した。

B は内径 52mm, 高さ 80mm の圓筒状金型の湯溜で、下部に内径 32mm, 高さ 8mm の空間を設け静水圧を問題にしなくても良いようにした。此の内面に上述のカオリンを塗布し乾燥して使用した。ストッパーは直径 12mm の軟鋼棒で尖端は径 8mm で 14mm の範囲に傾斜をつけた。之も表面にカオリンを塗布乾燥して使用した。

C は A 及び B を連結する軟鋼製の型で内径 32mm, 高さ 45mm で此の底部も加熱し得る如くした。内面にカオリンを塗布して使用したことは同様である。

上記三部分を連結し水準器にて完全に水平になるようにした。

試料の溶解はタンマン管で電気爐で行い、アルメルクロメル熱電對で温度を測定した。鑄込温度も同様に測定した。鑄型も 15cm 置きに測定出来るように穴を空け、其處にアルメルクロメル熱電對を挿入して鑄型温度を測定した。實際の測定では 1m も流動長がないので、溶融金属の流入する範囲で三ヶ所測定した。

溶解法 先づタンマン管に Zn 地金を装入し、溶解後 $550\sim 600^{\circ}\text{C}$ で Al 及び Cu の母合金を添加する。溶解後溶劑を少量加え、保護管で充分攪拌した後除滓する。Mg を加える場合には除滓後 Mg 母合金を添加する。一回の溶解量は 1kg 前後である。

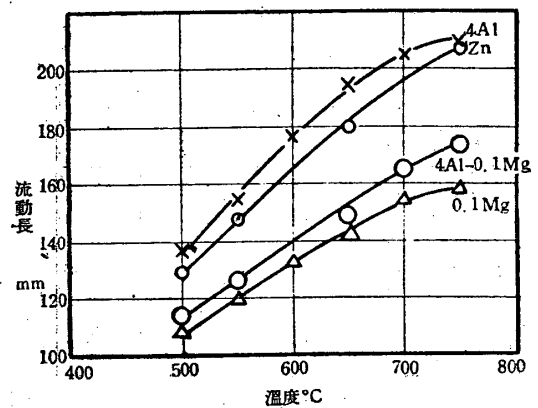
実験操作 前述の A, C を所定の温度に加熱して置き且つ水平に保持する。次に B の湯溜を約 250°C に加熱した爐より取出し湯道の上に注意して取付け、更に水平になるように調製した。然る後湯溜内に熱電對を移し、次に別の爐で約 250°C に加熱したストッパーを取出して湯溜に装置した。次に溶解した金属を湯溜内に注意して注入した。次に湯溜内の温度が所定の鑄込温度に達した時にストッパーを迅速に然も静かに抜いて測定用鑄型内に金属を流し込んだ。

上述の操作を比較的迅速に行うことにより湯溜内金属の冷却を防いだ。鑄込操作は常に同一人で行い、その条件が一定になるように努めた。

4. 実験結果

(1) 過熱温度の影響

溶解に際しての過熱の影響を調べるため各溶解温度に 5 分保持した後鑄込温度 450°C で常温 (10°C) の鑄型に注入した。試料として純 Zn, 4 Al-Zn 合金, 0.1 Mg-Zn 合金及び 4 Al-0.1 Mg-Zn 母合金を用いた。此の結果を第 2 圖に示す。即ちどの試料も過熱することにより流動性は良くなる。而して 700°C 位迄は過熱温度に對

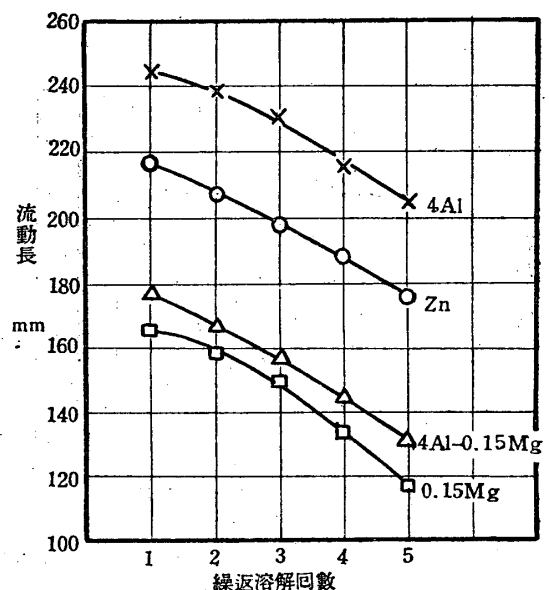


第 2 圖 過熱温度の影響

し流動性は直線的に改善される。

(2) 繰返溶解による影響

純 Zn, 4 Al-Zn 合金, 0.15 Mg-Zn 合金及び 4 Al-0.15 Mg-Zn 合金を繰返溶解した場合に流動性に及ぼす影響を調べた。溶解温度は 650°C , 鑄込温度は 450°C で型温度は常温である。此の結果を第 3 圖に示す。圖より何れの試料に於ても同一試料を繰返溶解することにより流動性は繰返



第 3 圖 繰返溶解による影響

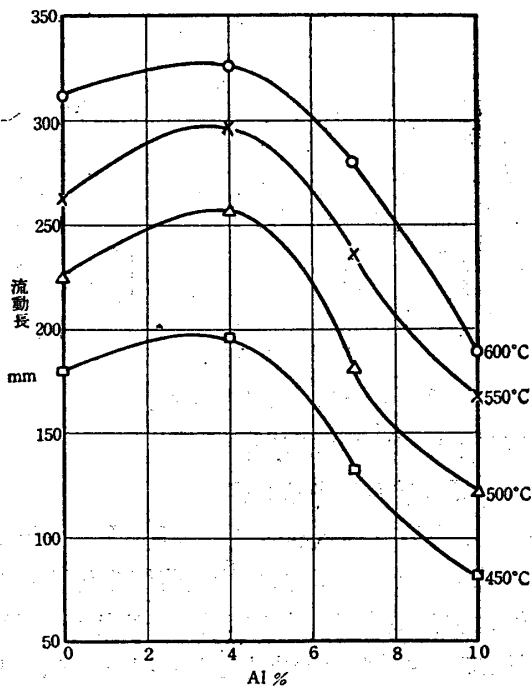
回数に對しほぼ直線的に低下することが判る。此の場合には溶劑處理を行つていないので、酸化物の増加によるものと考えられる。

(3) アルミニウムの影響

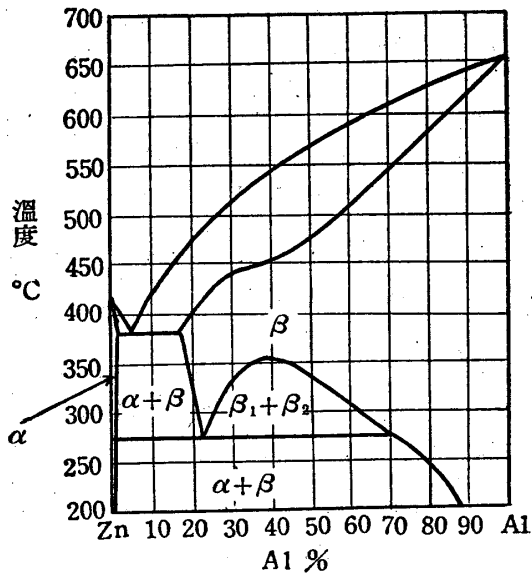
Zn に Al を添加した合金の流動性を調べるため、Al として 4, 7 及び 10% を標準に添加した。

A. 鑄込温度の影響

溶解温度は 650°C で、鑄型温度は常溫 (10°C) である。此の場合鑄込温度を 450°, 500°, 550° 及び 600°C の四種類を選んで圖に示せば第 4 圖の

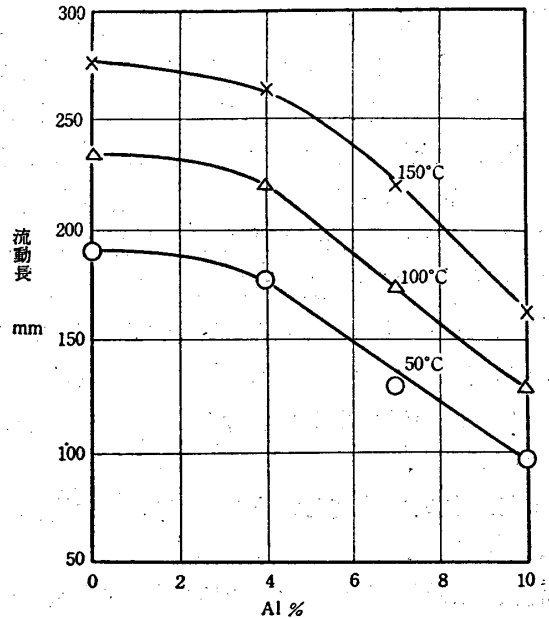


第 4 圖 流動性に及ぼす Al の影響 (鑄込温度一定の場合)

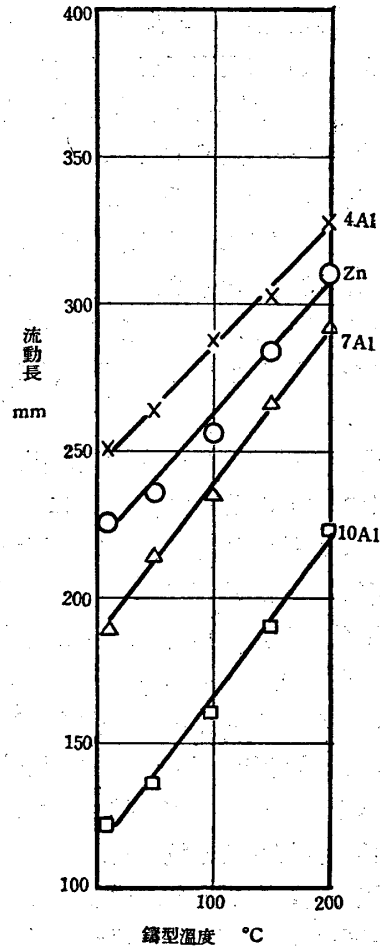


第 5 圖 Zn-Al 系合金の狀態圖

如くなる。之より鑄込温度の上昇と共に流動性の増すことが明になつた。又 Al 4% で稍、流動性が増しているが、之は溶融點の降下によるもので、液相線より一定温度だけ高い温度 (第 5 圖)



第 6 圖 流動性に及ぼす Al の影響 (溶融温度より 50°, 100°, 150°C 上で注湯した場合)



第 7 圖 Zn-Al 系合金の流動性に及ぼす鑄型温度の影響

で鑄込んだ場合には、Al 4% で流動性は稍、低下し、4%以上では流動性は可成り低下する。(第 6 圖).

B. 鑄型温度の影響

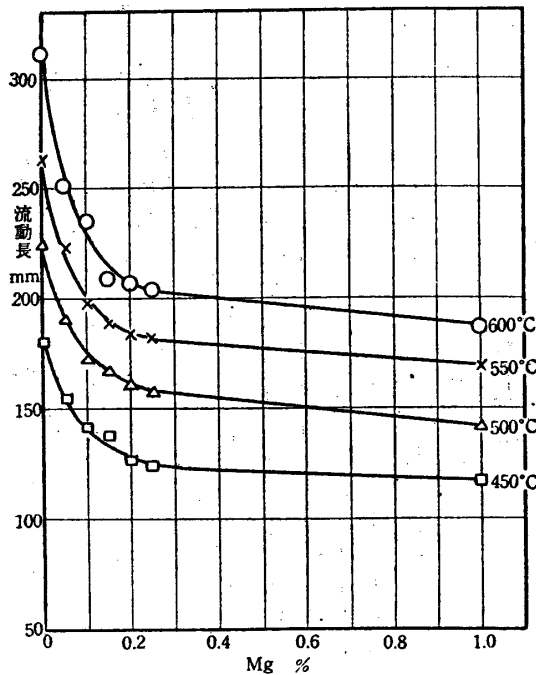
鑄型温度として、10°, 50°, 100°, 150° 及び 200°C を選んだ。溶解温度は 650°C で、鑄込温度は 500°C である。此の結果を第 7 圖に示す。圖より判る如く、鑄型温度の上昇と共に流動性は直線的に改善される。4 Al-Zn 合金が純 Zn より流動性の良いのは上述の理由による。

(4) マグネシウムの影響

Mg としては 0.05, 0.10, 0.15, 0.20, 0.25 及び 1.0% を標準に添加した。

A. 鑄込温度の影響

溶解温度は 650°C で、鑄型温度は常温である。此の場合鑄込温度を 450°, 500°, 550° 及び 600°C の四種類を選んで圖に示せば第 8 圖の如くになる。

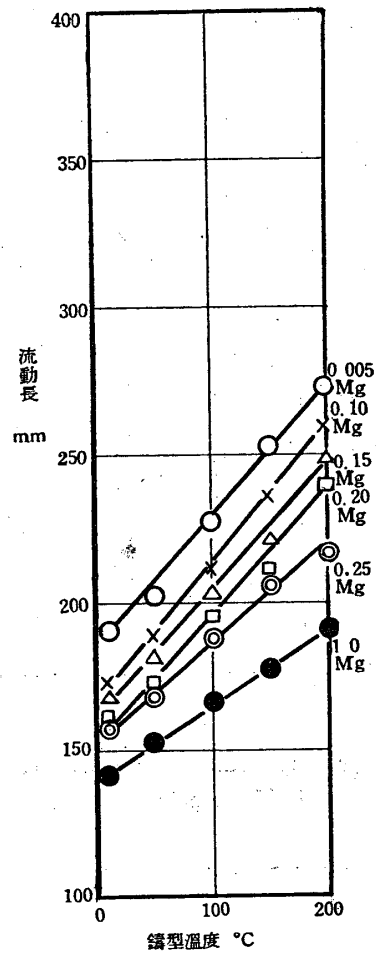


第 8 圖 流動性に及ぼす Mg の影響

る。Mg を添加しても流動性は鑄込温度の上昇と共に良くなる。然し同一鑄込温度では Mg 量の増加と共に流動性は悪くなる。殊に少量の添加でも著しく流動性は低下する。

B. 鑄型温度の影響

鑄型温度としては 10°, 50°, 100°, 150° 及び 200°C を選んだ。溶解温度は 650°C で、鑄込温度は 500°C である。この結果を第 9 圖に示す。圖より判る如く、此の場合にも鑄型温度の上昇と



第 9 圖 Zn-Mg 系合金の流動性に及ぼす鑄型温度の影響

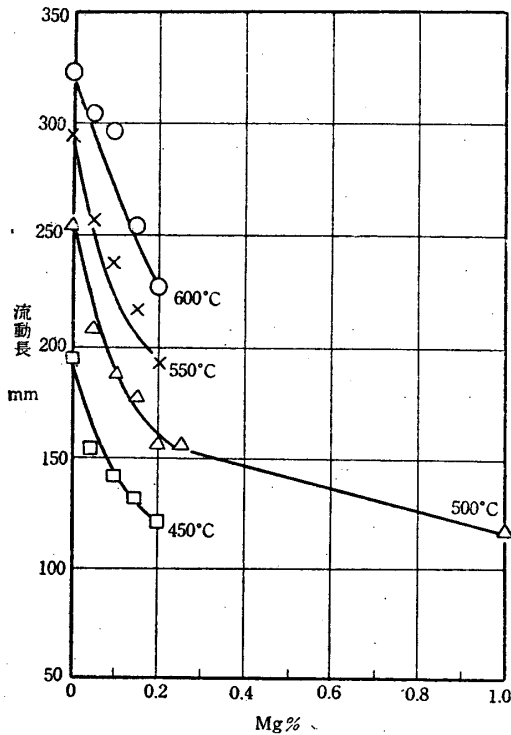
共に Mg 量に関係なく流動性は直線的に良くなる。

(5) アルミニウム、マグネシウムの共存する場合の影響

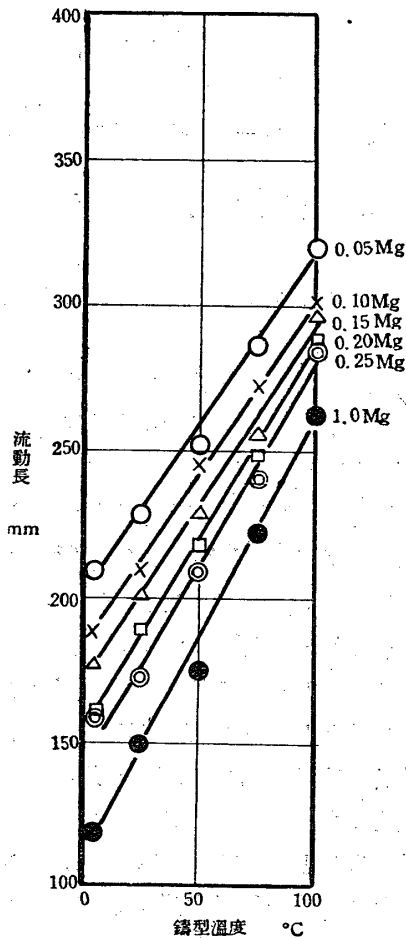
Al としては 4% を選び、之に Mg を 0.05, 0.10, 0.15, 0.20, 0.25 及び 1.0% を添加した。

A. 鑄込温度の影響

溶解温度は 650°C で、鑄型温度は常温である。此の場合鑄込温度を 450°, 500°, 550° 及び 600°C の四種類を選んで圖に示せば第 10 圖の如くなる。之より Al を 4% 添加した場合にも Mg の影響が顯著に現われ、上述の Al を含まぬ Mg のみ添加した場合と同様の傾向が示された。即ち同一鑄込温度では Mg 量の増加と共に流動性は悪くなる。殊に少量の Mg の添加でも著しく流動性の低下することは前と同様である。一方鑄込温度を上昇すれば流動性は改善されるが、此の場合も前述のときと同様に Mg の影響は何れの場合にも示される。



第 10 圖 4% Al-Zn 合金の流動性に及ぼす Mg の影響



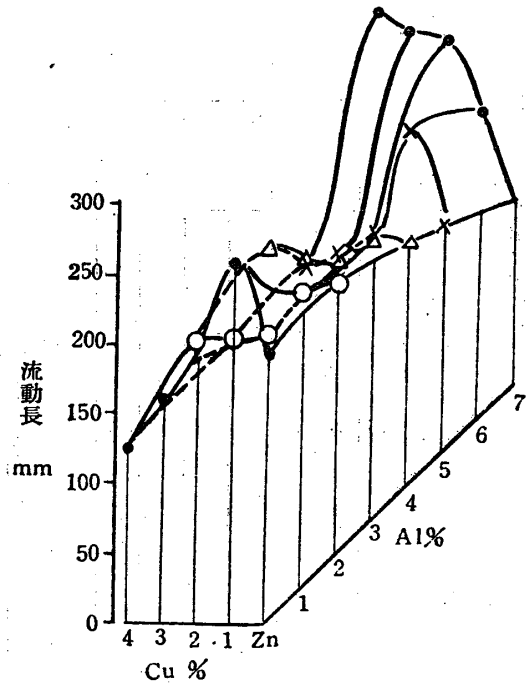
第 11 圖 Zn-4Al-Mg 合金の流動性に及ぼす鑄型温度の影響

B. 鑄型温度の影響

鑄型温度としては 10°, 50°, 100°, 150° 及び 200°C を選んだ. 溶解温度は 650°C で, 鑄込温度は 500°C である. 此の結果を第 11 圖に示す. 圖より判る如く, 此の場合にも鑄型温度の上昇と共に Mg 量に關係なく流動性は直線的に良くなる.

(6) アルミニウム, 銅の共存する場合の影響

Al として 2, 4, 5 及び 7% を, Cu として 1, 2, 3 及び 4% を選んだ. 溶解温度は 700°C で鑄型温度は常温である. 此の場合の Zn 地金には何れも Pb 0.003% のものを使用した. (前項迄の實驗に供した Zn 地金は Pb 0.005% のものである). 鑄込温度は液相線より 50°C 高温を選んだ. 此の結果を第 12 圖に示す. 圖より Al を含まぬとき



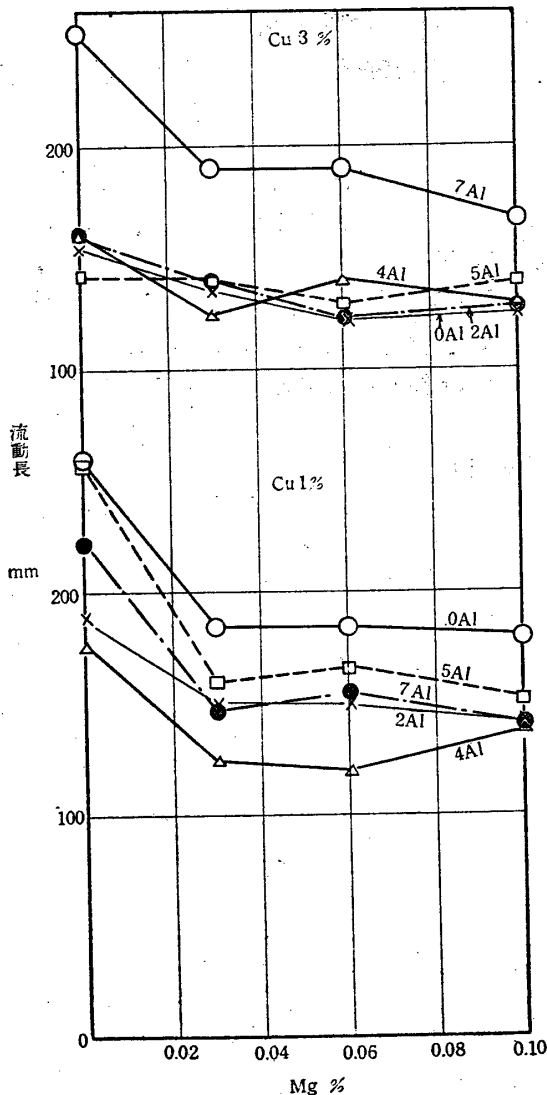
第 12 圖 流動性に及ぼす Al, Cu の影響

は Cu 1% の添加で流動性は改善されるが, 之以上 Cu が増せば流動性は低下することが判る. 又 Al と Cu の共存する場合では Al 5% 迄は Cu を添加するも流動性は改善されず, 寧ろ低下するが, Al 7% に Cu を添加すれば Cu の増加と共に流動性は改善されることが判る.

(7) アルミニウム, 銅の共存場合のマグネシウムの影響

Al 2, 4, 5 及び 7% に Cu 1 及び 3% を配合し

之に Mg を 0.03, 0.06 及び 0.1% 添加した場合の Zn-Al-Cu 合金の流動性に及ぼす Mg の影響について実験した。此の場合の Zn 地金は Pb 0.003% のもので、溶解温度は 700°C, 鑄型温度は常温である。又鑄込温度は同様に液相線より 50°C 高温を選んだ。此の結果を第 13 圖に示す。



第 13 圖 Zn-Al-Cu 合金の流動性に及ぼす Mg の影響

圖より Cu 1% の場合には Al 含有量に殆んど関係なく Mg 0.03% で流動性は悪くなり、Mg 0.03% 以上 Mg 0.1% の範囲では殆んど変化のなことが判る。又 Cu 3% のときには Al 7% の場合を除き Mg の添加により流動性の變化は極く僅かであることが判る。Al 7% では Mg 含有量の増加と共に流動性は低下する。然し實用される Al 5% 迄の範囲では Cu 含有量を増すと共に Mg 添加による流動性の低下は緩和されることが明になった。

5. 考 察

Zamak 系合金の Mg の効果は粒間腐蝕抑制剤としての目的が第一であり、第二は強度上昇の役割もある。然し他方 Mg は鑄造性を害し、又熱間脆性を起すと言われているが、此のことについての定量的の證明はない。従つて著者等は、先づ鑄造性の最も大切な要素である湯流れの問題を取扱うことにした。但し此處では流動性という言葉を用いた。

流動性を各化学成分の合金について比較する場合、各々の化学成分により熔融温度は異なる故、同一鑄込温度で比較することには難點がある（然し通常は同一鑄込温度で比較されている）。それ故著者等は努めて熔融温度より一定温度高い温度を選び比較することとした。Mg の場合については極く少量の添加量であり、且つ此の範囲の Mg 量での熔融温度の變化は僅かに過ぎないので、同一鑄込温度で示したのと大差ない。従つて圖で示すのを省略した。

Al 4% を含むものに Cu を加えたときの影響は A, Burkhardt, F. Huth 及び E. Koops の結果と同様で Cu 含有量の増加と共に流動性は悪くなるが、その他の結果については比較すべきものがない。然し著者等の新しく設計せる装置で充分流動性を比較出来ることが明になった。

6. 結 語

前回迄に Zamak 合金の粒間腐蝕抑制剤としての Mg の効果並に容積變化に及ぼす Mg の影響について報告した⁽³⁾。今回は新しく設計試作せる流動性の測定装置を用いて Zamak 合金に含まれる Al, Cu 及び Mg の流動性に及ぼす影響について研究した。その結果次の點を明にした。

- (1) Al が 4% 以上添加されれば流動性は可成り低下する。
- (2) Mg を少量添加しても流動性は著しく低下する。此の傾向は Al 含有量の有無によらない。殊に流動性の低下は Mg 0.1% 迄の範囲で著しい。
- (3) Mg 量の如何に拘らず、鑄込温度、鑄型温度を高くすれば流動性は良くなる。
- (4) 再溶解を行えば流動性は悪くなる。
- (5) Cu のみを含有する場合は Cu 1% で流動性は改善されるが、之以上 Cu を増せば流動性は

低下する。

(6) Al と Cu と共存する場合は Al5%迄は Cu を添加すれば流動性は低下するが、Al7%では Cu 含有量の増すと共に改善される。次に Zn-Al-Cu 合金に Mg を添加すれば現在用いられている Al5%迄の範囲では Cu 含有量を増すと共に Mg 添加による流動性の低下は緩和される。

(7) 然し何れにせよ流動性の點よりは Mg は少い程良い。他方 Mg は Zamak 系合金の粒間腐蝕抑制剤としての効果がある。それ故 Mg を少量に抑えるためには Zamak 系合金の不純物殊に Pb, Sn, Cd の許容範囲を少量に留むべきである。

(8) Al の比較的高い合金に於ては、現在の Zamak 系合金より流動性は悪くなる。但し流動性のみよりは鑄込温度を稍、高くすれば改善され

るし、事實 Al が 6~8% にもなれば溶融點は上昇するから、當然鑄込温度も高めにとらねばならない。此のことは型の壽命とか精度の點で稍、不利になるかも知れない。

最後に本研究に當り實驗に必要な高純度亜鉛地金を戴いた神岡鑛業に對し厚く感謝すると共に、本實驗の測定の一部を分擔した上田英一君の勞を多とする。尙本研究の一部は文部省科學研究費によるものであることを附記する。

文 献

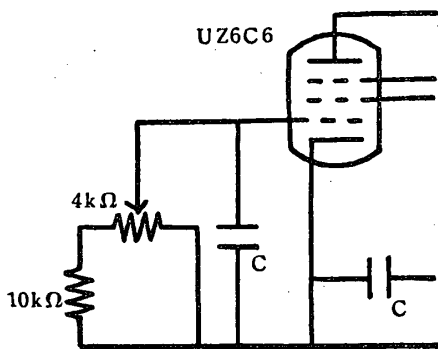
- (1) M. A. Courty: *Rev. Met.*, 28 (1931), 194.
- (2) A. Burkhardt, F. Huth and E. Koops: *Z. Metallk.*, 29 (1937), 380.
- (3) 和田・笹川: 理工研報告, 3 (1949), 280.
和田・笹川: 理工研報告, 5 (1951) 87.

(1951 年 9 月 10 日受理)

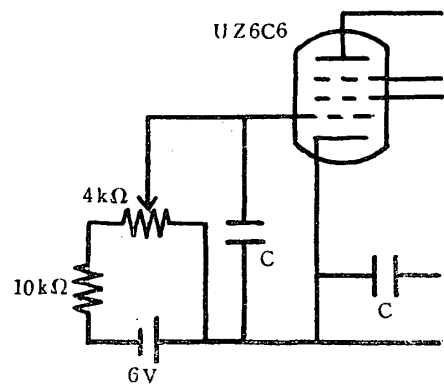
正 誤

卷	號	頁	左 右	行*	誤	正
4	9~10	243	○	12	(本表 a 圖) 第 1 圖左下部	本表 b 圖
4	9~10	243	○	7'	(1) 式右邊第 2 項 $\frac{\epsilon_0+1}{\epsilon_0+2} \cdot (v+\beta)$	$\frac{\epsilon_0-1}{\epsilon_0+2} \cdot (v_0+\beta)$
5	1~2	58	○	12	縮む	縮む
5	5	175	○	第 9 圖	0005 Mg	0.05 Mg
5	5	175	○	第 9 圖	10 Mg	1.0 Mg
5	5	177	○	28	効果	効果
5	5	185	○	5'	$\cos \mu y$	$\cos 2\mu y$
5	5	187	○	7	Q	Q'
5	6	218	○	31	分解液	分解
5	6	230	○	第 1 表	Gu 20. 22	Cu 20. 22

* 行數に ' を附したものは下より数えたもの。



誤
(a 圖)



正
(b 圖)