鋳物用特殊マグネシウム合金の研究 (第3報)

鋳造性について

佃

誠*

Study on zirconium containing magnesium casting alloy (3rd Report)

(UDC 669.725:296:621.746.51)

On castability

TSUKUDA Makoto*

It was found out through the preparation of the test specimen that the magnesium alloys containing zirconium has not good casting properties.

The experiment was made, therefore, for comparing the castability-depth of shrinkage pipe, length of liner shrinkage and hot shortness-of this kind of alloys and other conventional magnesium alloys.

Shrinkage properties and hot shortness of this kind of alloy are larger than those of AZ alloys. It is quite often that large segregation of zirconium is found in thick wall parts of castings, but this phenomenon can be avoided by controlling the cooling speed.

(Received March 24, 1959)

1. は し が き

前報の種々の試験片を作成する際に、これらの合金は従来のAl, Zn, Mn,などを主成分とするマグネシウム合金よりもはるかに押湯などの引けが大きいことが認められた。しかし外国の文献では例えばK. E. Nelson, F. P. Strieter, M. C. J. P. Ball, L. J. G. Ewyk, H. J. Millward, W. D. Danks,¹⁾氏らによれば、この合金も従来の合金に対する鋳造法とはほぼ同様であると述べているにすぎない。鋳造性が良くないと述べている人もあるが多くの同様な取扱いでよいとか、あるいは若干押湯を大きくするという程度である。

よつてわれわれは特殊マグネシウム合金による鋳物の試作に先立つて、まずいづゆる鋳造性について資料を得るために実験を進めた。従つてこの項は後に述べる鋳物試作実験に際して方案等の参考とすべき予備的実験である。

2. 収 縮 孔

2.1 実験方法

特殊マグネシウム合金は従来のマグネシウム合金よりも縮みが大きいらしいことが、試験片の作成時に外引けの状態より推測された。よつて各種のマグネシウム鋳物

用合金について、鋳引けの程度を調査するための一実験方法として収縮孔の深さを測定した。

Fig. 1に示すような試験片を砂型に鋳造し、切断して収縮孔の深さを測定した。試験片は図のように底部より押し上げの方式を採り、生型で鋳込温度は730°Cに一定とした。できた試験片は透過X線写真法で収縮孔の深さが最大である位置を求めここで切断した。

収縮孔の深さの表現方法については、この試験片を、通常採用されている鋳物の押湯と数似た条件にするため上方開放の鋳型としたため、全体の高さaが一定しないので、収縮孔の深さbと全体の高さaとの百分比でもつてあらし比較するようにした。

実験に使用した溶湯の化学成分の値をTable 1に示した。

2.2 実験結果

収縮の状況をPhoto. 1~12にて各種の合金の切断の外観を示し、収縮孔の深さをTable 2に示した。ここで

Fig. 1

Mold used for the measurement of shrinkage pipe.

* 株式会社神戸製鋼所名古屋工場

* Kobe Steel Works, Ltd. Nagoya Plant.

Table 1 Chemical compositions of the respective melts.

melt No.	Alloy	Zr	Zn	RE	Al	Mn	Fe	Si
1	Pure magnesium	—	—	—	0.12	0.003	0.034	0.025
2	Mg-0.4Zr	0.38	—	—	—	—	0.018	0.033
3	Mg-0.7Zr	0.72	—	—	—	—	0.018	0.021
4	Mg-5Zn	—	4.91	—	—	—	0.024	0.032
5		—	5.06	—	—	—	0.026	0.026
6	Mg-5Zn-0.7Zr	0.69	4.89	—	—	—	0.014	0.024
7		0.73	5.04	—	—	—	0.018	0.026
8	Mg-3R. E.	—	—	2.89	—	—	0.030	0.030
9		—	—	2.93	—	—	0.030	0.031
10	Mg-3R. E. -0.6Zr	0.62	—	3.01	—	—	0.014	0.026
11		0.59	—	2.88	—	—	0.020	0.028
12	Mg-3R. E. -2.5Zn	—	2.33	2.91	—	—	0.028	0.024
13		—	2.41	3.02	—	—	0.028	0.026
14	Mg-3R. E. -2.5Zn-0.7Zr	0.74	2.48	3.13	—	—	0.026	0.030
15		0.71	2.53	3.04	—	—	0.019	0.030
16	Mg-1.5Mn	—	—	—	—	1.76	0.014	0.020
17	Mg-10Al	—	—	—	10.35	0.33	0.028	0.047
18		—	—	—	10.02	0.31	0.030	0.037
19	Mg-6Al-3Zn	—	2.95	—	5.97	0.25	0.030	0.012
20		—	3.10	—	6.04	0.24	0.028	0.026
21	Mg-9Al-2Zn	—	1.97	—	9.83	0.28	0.030	0.070
22		—	2.31	—	9.49	0.26	0.030	0.050

Mg

Photo. 1

Mg-1.5Mn

Photo. 2

Mg-0.6Zr

Photo. 3

Mg-3R. E.

Photo. 4

Mg-3R. E. -0.6Zr

Photo. 5

Mg-3R. E. -2.5Zn

Photo. 6

Mg-3R. E. -2.5Zn-0.7Zr

Photo. 7

Mg-5Zn

Photo. 8

Mg-5Zn-0.8Zr

Photo. 9

Mg-6Al-3Zn

Photo. 10

Mg-9Al-2Zn

Photo. 11

Mg-10Al

Photo. 12

Table 2 Depth of shrinkage pipe in various magnesium alloys.

Alloy	Depth of shrinkage pipe (%)
Pure magnesium	44.6
Mg-0.4Zr	44.7
Mg-0.7Zr	30.7
Mg-5Zn	7.1
Mg-5Zn-0.7Zr	5.2
Mg-3R. E.	30.1
Mg-3R. E. -0.6Zr	14.4
Mg-3R. E. -2.5Zn	18.1
Mg-3R. E. -2.5Zn-0.7Zr	6.4
Mg-1.5Mn	37.0
Mg-10Al	4.8
Mg-6Al-3Zn	4.3
Mg-9Al-2Zn	3.6

興味ある問題は Zr が添加されると、収縮孔の深さが小さくなることである。これは Zr の添加によつてその合金の凝固開始温度が高くなり、液相線と固相線との間隔が広がる、すなわち凝固温度範囲が広がるためと考えられる。

純マグネシウムおよび 1.5% の Mn を加えたマグネシウム合金(MI)また 0.6% の Zr を含むマグネシウム合金では、純金属、あるいは包晶反応のため凝固温度の範囲が極めて狭く、**Photo. 1**～**3**のように大きな収縮孔ができています。また 3% の R. E. を含むマグネシウム合金もこれらに次いで大きな収縮が見られる。これに 0.6% の Zr が加わった合金では**Photo. 5**のごとく収縮が少なくなっている。同様に**Photo. 6**の 3% の R. E. と 2.5% の Zn を含むマグネシウム合金においてはなお相当のヒケがあるのに、これに 0.7% の Zr が加わると縮み量が**Photo. 7**のように少なくなっている。

また **Photo. 4, 5**の 3% の R. E. を含むマグネシウム合金あるいはさらに 0.6% の Zr を含む合金に 2.5% の Zn が添加されると、Zr の場合よりもいちじるしく縮みの量が少なくなり、**Photo. 6**、あるいは**Photo. 7**のごとくになつてくことが判明した。すなわちこれらの合金が Zn 添加によつて相当大きく铸造性が改善されるものであることが示されている。

5% の Zn と 0.7% の Zr を含むマグネシウム合金は、従来の Al および Zn を合金させた AZ 系統の合金と縮みの量は差ない。しかしなお若干収縮孔は大きい。

これらの結果よりして、従来のマグネシウム合金を基準とすれば、特殊マグネシウム合金は収縮孔が大きく、とくに R. E. を含む合金においては、ジルコニウムあるいは亜鉛で改善したにしてもなおいちじるしく大きい。し

Fig. 2 Shrinkage pipe vs. Mg contents in various magnesium alloy.

たがって鋳物の押湯を考える場合に、同一の形状、大きさの押湯を付けたとするとその押湯の効果は従来の AZ 系統のマグネシウム合金よりも小さいと考えねばならぬ。したがってこれらの特殊マグネシウム合金では、それぞれに対応して押湯の大きさ形状を大きくしなければならぬ。

またこれらの各種のマグネシウム合金について、Mg の量に換算して、収縮孔の大きさの程度との関連を求めたのが **Fig. 2** である。添加する成分の量が多くなるほどその合金の収縮孔の深さはあさくなる。もちろんこれは、Al, Zn, R. E. についてであるが、その他の元素でも Mg と共晶をなすものは大体同様と予想される。しかしながら当然これらの個々の添加成分はそれぞれの共晶点より大巾に Mg 側にあるものであつて、共晶点近くの成分においてはこの線上には沿つてこないことは凝固温度範囲が狭くなることから予測できる問題である。

3. 線収縮係数

3.1 実験方法

Fig. 3 のような鋳型によつて各種のマグネシウム合金についてその線収縮係数を求めた。試験片は両端面を金型によつて、その長さを 1,000mm に規定した断面 15mm 正方形の角棒で、これを生砂型で造型し型の表面をあぶつて乾燥し、水分による冷却速度の影響をできるだけ少なくするようにした。角棒の中央部に湯口をとり、両端よりの収縮なるべく自由であるようにした。鋳込温度は鋳造現場の常識的な鋳込温度である 730°C の一定温度にして、**Table 1** に示す化学成分値のマグネシウム合金溶湯を鋳込み、常温にまでそのまま放置冷却してからのち、この砂型鋳造角棒試験片の両端の長さをノギスで測定し

た。したがってこの値は溶湯の凝固時の収縮と凝固後固体になつてからの冷却による収縮との合算値となる。すなわちこの値は鋳物製作時の型の伸び尺を決定する上に直接的に参考となるものである。

Fig. 3 Mold used for the measurement of contraction coefficient.

Fig. 4 Castings used for the measurement of hot shortness, to be poured into permanent mold.

3.2 実験結果

実験の結果を **Table 3** に示した。R.E. を 3%, Zr を 0.6% 含む特殊マグネシウム合金は他の合金にくらべて線収縮が最大である。これに Zn が加わると若干収縮量が少なくなる。また Zn を 5%, Zr を 0.7% 含有する特殊マグネシウム合金は従来のマグネシウム合金よりも若干縮みが大きいが大差ない。この傾向は前項の収縮孔の状況とよく一致している。

鋳物の実体においては、形状が複雑でかつ中子などによつて収縮が阻止されるので、製品の形状、大きさにより左右はされるが、一般的には **Table 3** の値ほどには寸法的に収縮しないと考えられる。しかし各材質間については大体この程度の差があることを計算に入れて考えねばならぬ。

Table 3 Contraction of various magnesium alloys.

Alloy	Lininer contraction [mm/m.]
Mg-5Zn-0.8Zr	14.5
Mg-3R. E. -0.6Zr	17.6
Mg-3R. E. -2.5Zn-0.7Zr	16.0
Mg-6Al-3Zn	14.0
Mg-9Al-2Zn	14.0
Mg-10Al	13.5

4. 熱間モロサ

4.1 実験方法

収縮と関連する熱間モロサ (Hot Shortness) について実験した。実験の方法は **Fig. 4** に示すような両側に立てた支柱の間に 20, 15, 11, 8 mm と直径の異つた横棒

を連結した形状の試験片を金型にて作成した。この金型の寸法および鋳造条件は、Al を 9%, Zn を 2% 含む AZ 92 なるマグネシウム合金で熱間モロサによる割れ目を生じない限度を規準として定めたものである。

鋳造の条件は金型の予熱温度を 150°C、鋳込温度を 730°C にして、**Table 1** に示した化学成分の各種合金を鋳込んだ。鋳込み後溶湯が凝固し、鋳物が約 100°C にまで冷却してから金型を開いて試験片を取出して検査した。

4.2 実験結果

横棒の支柱 (湯口、揚り) への連結部のつけ根が熱間モロサによつて割れ目が生ずる。**Photo. 13~16** に各合金について代表的なものの試料を示した。

数回繰返した試験の結果 AZ 92 では **Photo. 13** のように全数について 20, 15, 11, mm の径のものについて完全であり、8 mm 径のものは 20% 程度の割れ目を生じた。しかし Zn を 5%, Zr が 0.8% の ZK51 なる特殊マグネシウム合金では **Photo. 14** のように、20 mm 径の所は良好であつたが、15 mm 径の所では 20% に割れ目を発生し、11 mm 径では 80% に割れ目を発生、8 mm 径においては湯が充たされていないものも出ている。

R. E. を 3%, Zr が 0.6% の E に 30 なる特殊マグネシウム合金では **Photo. 15** のように 20 mm 径の所ですら 80% が割れ目を発生、15 mm 径では全数が割れ目を生じている。11 mm 径にいたつては両端に割れ目を生じて原形を保ち得ず、8 mm 径では湯がまわっていない。

3% の R. E. 2.5% の Zn, 0.7% の Zr を含む EZ33 なる特殊マグネシウム合金では、EK30 合金よりも、割れ目の発生程度は少なくなっている。20 mm 直径では 50% に

Mg-9Al-2Zn
Photo. 13

Mg-5Zn-0.8Zr
Photo. 14

Mg-3RE-0.6Zr
Photo. 15

Mg-3RE-2SZn-0.7Zr
Photo. 16

割れ目が発生、15mm径では70%に割れ目が見られ11mm径でも全数に割れ目があらわれる。一部のものにはこの部分にも充湯していないものもあつた。8mm径では全数が湯がまわっていない。

このように概して特殊マグネシウム合金は熱間モロサの点では従来のマグネシウム合金よりもモロい。とくにR.E.が添加された合金でははなはだしい。これはR.E.を加えると、Mg-R.E.の金属間化合物が生成し、これが硬くかつ結晶粒界に晶出することに関係があり、また収縮量が大きいことが相乗された結果が主な理由であると考えられる。しかしZnがともに添加されると若干モロサも減少してくる。

本実験で熱間モロサと称しているものが、いわゆる液相線と固相線間の凝固過程範囲におけるモロサと、収縮による引き裂ケとが相乗されて結果に示されているものである。

また本実験によつて湯流れについても、特殊マグネシウム合金の方が、従来のマグネシウム合金よりも悪いことが判明した。

5. Zr の偏析について

Mg と Zr とには溶融温度に大きな差があり、また

Fig. 5 The mold for getting specimens for checking the segregation of zirconium in the ingot analysis numbers are shown in the respective sampling positions.

Mg に対する Zr の溶解度も極めて少ないので、特殊マグネシウム合金中の Zr が偏析する可能性があるように考えられる。

予備試験²⁾としてFig. 5に示すような75mm径、80mm高さの試験片を砂型で、下注ぎ、あるいは上注ぎ法で作成し図に示す番号の位置で分析試料をとつて分析した。この結果をTable 4に示した。平均値のZrがまずほど、Zrの最大値と最小値との差、すなわち偏析値が大きくなる。Zrの量が0.1%程度あるいはそれ以下であれば、偏析するZrの量が少なく、偏析量と平均分析値との百分比でも5%以下である。しかし0.4%以上もZrが含まれて

Fig. 6 The mold used for block castings used for the analysis of Zr segregation in Mg-Zr alloy ingot.

Fig. 7 Segregation of Zr in Mg-Zr alloy ingots which are shown Fig. 6.

Table 4 Segregation of Zr in Mg-Zr alloy castings, the sampling positions of which are shown in fig.5.

Sample No.	Pouring	Zr %																				
		Sampling position																Max.	Min.	Differ- ence	Mean	Difference Mean %
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16					
1	Bottom	.05	.05	.05	—	.04	.06	.06	.05	.05	—	—	—	—	—	—	.06	.04	.02	.051	3.9	
2	Bottom	.13	.13	.13	—	.13	.18	.12	.12	.17	—	—	—	—	—	.11	.18	.12	.06	.139	4.3	
3	Bottom	.40	.38	.43	.44	.50	.70	.39	.38	.47	—	—	—	—	—	.41	.70	.38	.32	.450	71.2	
4	Top	.33	.35	.31	.30	.38	.84	.32	.33	.48	.30	.34	.69	.28	.33	.74	—	.84	.30	.54	.422	128.0

くと最大値と最小値との差が、平均分析値よりも大きくなることもある。

上注ぎ法と、下注ぎ法との差は明らかに上注ぎ法の方が偏析が大である。これは温度勾配が上注ぎの場合の方が急になるためと考えられる。

これらの偏析は溶湯が鋳型に満されてから、凝固完了するまでの間に生ずるものと考えられる。

この点を詳細に検討するために Fig. 6 に示すような直径 150mm、高さ 150mm のブロックを砂型で、偏析の少なかった下注ぎ法で作成した。これを Fig. 7, 8 に示すように細かく分けて分析し Zr の偏析を調査した。数個の試料について実験したが、大体同一の結果であるのでその代表的なもののみにて記す。

Fig. 7 は Fig. 6 に示すようにブロックの低部より軸心に直角な水平面で 6 段に切断した A～F の帯について、各細片の Zr 分析値を示している。Fig. 8 は軸心を含む垂直縦断面を第 1 面として、これに平行に Fig. 7 に示すように I～IV 面に分割し、それぞれの面について細片の Zr 分析値を示した。

このブロックの Zr 分析値総算術平均値は 0.446% となる。またすべての値の中の最大値は 0.69%，最小値は 0.23% であるから、その差の偏析値は 0.46% である。この値を平均値で除した百分比は 103.0% にもなる。しかし各水平面での平均値は最下面 A 帯で 0.0466%，その上 B 帯は 0.500%，以下 0.498%，0.460，0.440，0.313% となっている。これら平均値では B 帯が最高、次いで C 帯となり、最上面すなわち開放面では 0.313 と最低の値を示している。

これらの数値の分散を解析したのが Fig. 9 である。Fig. 8 において上下方向に各細片を積立てた柱を、第 1 面で左より l～s と符号をつけた。鋳物の中心部に当る 2 つの柱（第 1 面の o. p. 柱）と、その外方隣接の柱群、さらに外周よりの柱群、外周部にある柱群と 4 つに区分した。この柱群について各帯によつて高さの位置をあらわして、Zr の量によつて分類すると Fig. 9 のようになる。これよりして一般に中心部には Zr が高く、周辺部

Fig. 8 Segregation of Zr in Mg-Zr alloy, cast into sand mold which are shown in Fig. 6.

Fig. 9 Segregation of Zr as expressed by the number of the samples with the respective zirconium content in Mg-Zr alloy, cast into sand mold. They as related to Zr contents and the positions in the castings, showing segregation zones.

には低いことが明らかである。鋳物の上方開放面を示す F 帯においては、とくに Zr が低いけれども外周部よりも中心部の方が、ここで低い。

この F 帯の中心部を除外して考えると、中心部では C, D 帯（下より第 3, 4 段）が最高の Zr の値を示す。次いで第 2 段、第 4 段となり、底面にあたる A 帯は割合に低い。中心より隣接の第 2 の柱群においては、Zr の最大値は若干少くなり、かつその存在する位置も中心よりも少しく下つた B 帯（第 2 段）に多くなり、第 3, 第 4

段では減じている。しかしA帯でのZr値は変わらない。さらに外周に近い第3の柱群では、Zrの値はさらに小さくなり、その存在位置も第2段に多く第3段には少し出るのみで、第4段D帯以上では低い値となっている。この場合でもA帯でのZr値は変化しない。外周部の第4の柱群ではA帯が最高の値となる。次いでB帯、C帯と上方に向つてZrの値は小さくなっている。したがつてこのブロックにおいては、中心部にZrが高く、黒皮面には少なくなり、かつ開放面では最小である。これは冷却速度、凝固の進行と関連があるものと考えられる。

Table 3 の試料 No. 3 のものは下注ぎ法でZrの平均分析値は0.450%で、偏析は71.2%であつた。**Fig. 6** のブロックにおいてはZrの平均分析値は0.446%で、近似した値であるのに、偏析は103%になつている。しかもZrの最大の値を示す位置は試料 No. 3 のものは位置6で、中心部最下位セキ前の部分であるのに対し、ブロックでは中心のより上方はぼ中央に移つている。

試料の大きさは予備試験のものの体積1,975ccに対しブロックは10,598ccで5.4倍、断面積で4倍である。したがつて鋳込温度が同一であるからブロックの方が冷却速度がおそい。

凝固の過程を考えると、下注ぎであるから、低温の鋳型で冷やされた低い温度の溶湯が表面層（開放面）におし上げられて注湯が止り、凝固が始まる。この場合凝固の開始は温度が低下しており、かつ外気で冷却される開放面から進行すると考えられる。側壁部は鋳型に接する表皮層はすみやかに凝固するが、分析試料を採つた部分は表面とはいつてもこの黒皮部分は少ししか入らないかあるいは全く入っていないといつてよい程度に表面内部にある（5～10mm）ので割合に凝固の進行がおそく、かつ熱いセキから遠い部分より凝固が進行する。また最後に流入した熱い溶湯が砂層に接している下段のA帯から次いで凝固が進行する。これらの試料は押湯として断面積をとくに大きくした部分を設けていないので、このようにして次第に中心部に向つて凝固が進行してゆくように考えられる。この一つの論拠として上方表皮の収縮が大きく収縮孔となつてくびれこんでいることから判断さ

れる。このようにしてブロックでは最後に凝固が終つた場所は中心部にあると考えられる。

したがつてZrあるいはZrの化合物によつてできた核が融液の冷却によつて、残融部分へと押出され、移動が不自由になつた凝固進行の最終部に押し込まれると考えられる。しかるに試料 No. 3 のものはブロックに対して断面積が小さく、かつセキを中央にまで切つたためにこの部分に熱い溶湯があり、したがつてこの近くが最後に凝固が進行したものと解釈できる。しかも小さいから側壁よりの冷却が割合にすみやかに進行したのものも効いている。このように考えると凝固が遅い部分にZrが多いことが結論できる。

それ故に冷却速度を一樣にすることがZrの偏析を防止する上に重要である。

これを確認するために溶湯を水冷して急速にかつ一樣な速度で冷却したブロックを作成した。**Fig. 10** に示めすような直径250mm程度、高さ400mmの金型に満した溶湯を底部および側面から水冷して、急速な凝固を行つた。このものを図示した位置から分析試料をとつて、偏析状況を調査した結果を**Table 5** に示した。冷却条件を適当に選べば、Zrの少ない場合はもちろん、Zrが平均値で0.576%、0.651%のごとく高い場合でも、偏析量は0.01%、0.02%、程度であり、その比としても0.2、0.3%と極めて良好な値にすることができた。Zrの核が移動できぬままに凝固を終了させるように条件を選択す

Fig. 10 Water cooled mold getting specimens for the analysis of zirconium at various sampling positions, to be used for segregation study.

Table 5 Segregation of Zr in Mg alloy castings, pored into water-cooled mold, the sampling positions of which are shown in fig.3-10.

Sample No.	Zr %																			Max. value	Min. value	Difference	Mean	Difference Mean %
	Sampling position																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15									
1	—	.27	—	—	—	—	—	.27	—	—	—	—	—	.28	—	.28	.27	.01	.273	0.4				
2	—	.26	—	—	—	—	—	.22	—	—	—	—	—	.26	—	.26	.22	.04	.247	1.6				
3	.57	.58	.57	.58	.58	.57	.58	.57	.58	.57	.57	.58	.58	.58	.58	.58	.57	.01	.576	0.2				
4	.65	.65	.64	.66	.65	.64	.65	.65	.64	.66	.65	.66	.66	.65	.65	.66	.64	.02	.651	0.3				

れば、相当大きなブロックでも偏析を防ぎうる事実が得られることが判明した。

しかし実際の鋳物では最近肉厚を次第に薄くすることが要求されているので、ブロックに見られるようなはなはなしい偏所は通常の状態ではおこらぬものと考えて差支えはない。

6. 総 括

Zr を含む特殊マグネシウム合金の基礎的鑄造性質について従来の合金との差異を比較検討した。

- 1) 収縮孔 (Shrinkage Pipe), 押湯の大きさを見当づけるためにいわゆる外引け, 収縮孔の深さについて実験した結果 AZ 系統のマグネシウム合金よりも収縮孔の深さは大である。ことに Mg-R. E. の合金はいちじるしい。しかし Zr が加わると相当に改善される。しかしなお Zn も加えると非常に改善されてくる。
- 2) 線収縮係数—鋳物の凝固収縮と温度降下の間における固態での収縮との合算値すなわちいわゆる縮み代 (伸び尺) について砂型棒状の鋳物で試験した。特殊マグネシウム合金は AZ 系統の合金よりも縮みが大で Mg-Zn-Zr 合金では若干程度, Mg-R. E. -Zr 合金は非常に縮みが大であり, Mg-R. E. -Zn-Zr 合金はその中間程度であることが判明した。したがって鋳物用の木型・金型等の模型製作に際しては, 合金成分によって使用する伸び尺を修正しておかねばならぬ。
- 3) 熱間モロサ (Hot Shortness) 鋳物の凝固収縮と凝固時および冷却時における延性の低下の相乗結果と考えられる熱間モロサは, この特殊マグネシウム合金においては相当にモロク, とくに Mg-R. E. -Zr の合金に

おいては著しい。したがって急激な肉厚の変化, あるいは中子など抱きしめられるような部分の鋳型について凝固収縮に対する抵抗がなるべく小さくなるような, すなわち崩解性のよい中子などにしなければならぬ。

- 4) Zr は肉厚が大でありかつ冷却速度が全体にわたって均等に進行するようにしないと, Zr が相当大きく偏析することが認められた。したがって鋳物の設計に当って肉厚がことに大きな部分を作らぬようにすること, また鋳物の製作方案にさいして, 鋳物の凝固が同時に均等に進行するように湯道やセキの切り方に留意しなければならぬ。また厚肉の部分に対しては, 冷し金などの手当をして冷却の遅速をなくすように図らねばならぬ。この条件について相当大きなブロックでも適当な冷却方法, 例えば水冷鋳型などをうれば大きな厚肉物でも偏析を最小に抑えることが可能であることを確認した。

参 考 文 献

- 1) 例えば
C. J. P. Ball: Aluminium and Magnesium, Oct. (1946).
C. J. P. Ball: Metal Industry, Aug. 19 (1949).
K. E. Nelson & F. P. Strieter: AFS 54 次大会報告, May 9 (1950).
L. J. G. Ewyk: Modern Metals, April (1951).
F. P. Strieter: Metal Progress, March (1953).
H. J. Millward: Metal Industry, July 31 (1953).
- 2) 諸住, 佃: 名工試報, 4 巻 3 号 (昭 30).

アルミニウム・ジュラルミンのパイプなら天野え!!

古河電気工業

KK 特約販売店

天 野 辰 雄 商 店

東京都台東区上野南大門町12番地 電話下谷 (83) 5921, 6246