AZ系マグネシウム合金鋳物の結晶微細化法の研究

Study on Grain Refinment of a AZ Type Magnesium Casting Alloy

森 川 茂 寿*
Shigeju Morikawa

内 容 梗 概

AZ 系マグネシウム合金には溶解、鋳造条件によって結晶粒が著しく粗大化する傾向がある。 特に酸化燃焼防止剤として Be を添加すると、その傾向が著しくなるといわれており、筆者らのさきに行なった実験でもこの事実を確認している。そこで本報告では、結晶粒の微細化処理法としてのヘキサクロールエタン(C_2Cl_6)処理法および過熱処理法などを比較検討し、 Be 添加を行なう普通の溶解法では C_2Cl_6 0.3% を 750~800℃ で溶湯に添加する方法が最も効果的であることを明らかにした。

1. 緒 言

14

マグネシウム合金鋳物は、溶解や鋳造条件が不適当であったり、酸化、燃焼を防止するために Be を添加すると結晶粒が粗大化して鋳物が不健全になる傾向がある。これは従来、マグネシウム合金鋳物が熱間き裂をおこしやすく、また耐圧性が悪いなどといわれる一因をなすものであると考える。これを改善するために溶湯の過熱処理 "Super-heat" (2)、種々な形の C 化合物処理 (3)、または Zr 添加 (4)などが行なわれている。しかし、この Zr 添加による結晶微細化法は合金中に Al が共存するとその効果が打ち消される (5)といわれるので、Al を含まない Mg-Zr-Zr 系、Mg-Zr-Th 系および Mg-Zr-Ce 系などの合金には適用できるが、Al を含む AZ 系合金に対しては効果がない。

本研究においては、溶解ならびに鋳造作業を容易ならしめるため に Be を添加する場合の前記二方法の結晶微細化処理の影響につい て実験した結果を報告する。

2. 実 験 計 画

結晶微細化剤としてのC化合物には、ナフタリン、ヘキサクロー

ル・エタンおよびヘキサクロール・ベンゼンなどがあるが、今回の 実験では容易に、かつ比較的安価に入手しうるヘキサクロール・エ タン (C₂Cl₆) を用い、その微細化効果について検討することとした。 また、過熱処理による微細化処理法については、文献(2)中の最適 条件を選び実験を行なった。なお C₂Cl₆ による微細化法は, 過熱処理 法を併用するとその効果が打ち消されるという報告(6)もあるので、 この点についての検討も行なうこととした。ただ今回の実験は試験 片について行なったので、結晶微細化による機械的性質の変化に主 眼をおき,熱間き裂および耐圧性などについては後報の予定である。 実験は H_{3.27}の直交配列法に基づいて行なうこととし,要因として C_2Cl_6 の添加量, 添加温度および Be 添加量の 3 種を選び, これらを それぞれ3水準に変化せしめて実験の組み合わせをつくった。過熱 処理による結晶微細化法との効果の比較および両処理法の併用効果 については、過熱処理法を一定にし、 C_2Cl_6 および Be 添加量をか えたものについて実験を行なった。第1表に C₂Cl6 のみを添加した 場合の実験の割りつけを、第2表に過熱処理を加味した場合の実験 組み合わせを示す。さらに C₂Cl₆ の添加量をやや過剰にした場合の 影響についても添加温度を 800℃, Be 添加量を 0.002% にして実験 を追加し参考とした。

3. 実 験 方 法

マグネシウム合金[JIS3種 (AZ92)を使用]の溶解,精錬はさきに筆者らが行なった実験⁽¹⁾の最適条件にしたがって行なった。溶解

* 日立金属工業株式会社熊谷工場

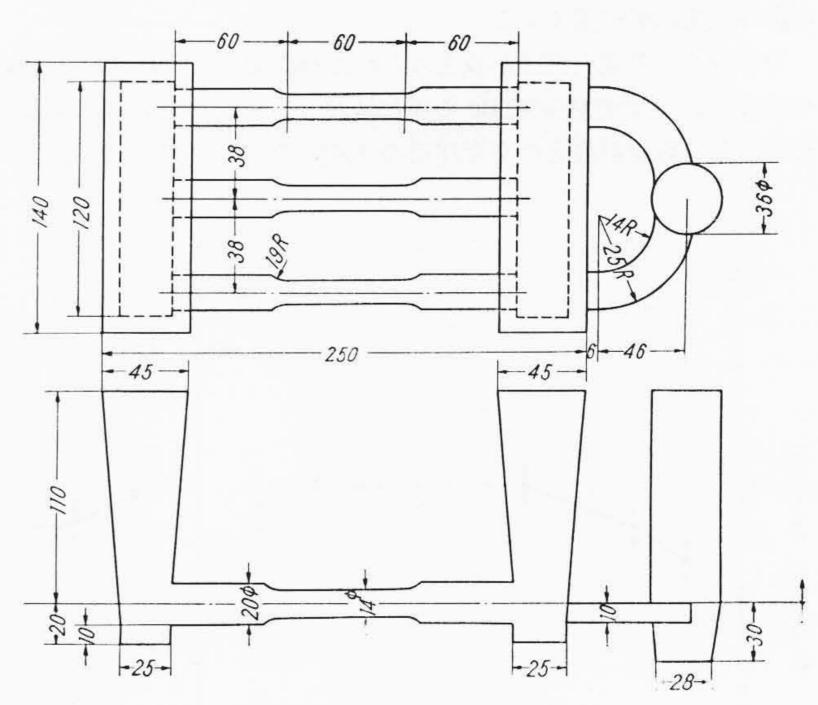
第1表 3要因による実験割つけ表

	要	m	7	t	準	
		因 -	0	1	2	
A	C ₂ Cle の 海	新量(%)	0	0.1	0.3	
В	C ₂ Cl ₆ の添	加温度(℃)	700	750	800	
С	Be の 添	加量(%)	0	0.002	0.005	

第2表 過熱処理を組み入れた実験組み合わせ表

試料番号	過熱処理	C ₂ Cls量 (%)	Be 量 (%)
128	850℃×1時間	0	0
129	850℃×1時間	0	0.002
130	850℃×1時間	0	0.005
131 A	850℃×1時間	0.1	0.002
131 B	850℃×1時間	0.1	0.002
132A	850℃×1時間	0.3	0.002
132B	850℃×1時間	0.3	0.002
133A	850℃×1時間	0.1	0.005
133B	950℃×1時間	0.1	0.005
134A	850℃×1時間	0.3	0.005
134B	850℃×1時間	0.3	0.005
213	850℃×1時間	0.3	0

注: A, B の符号は C_2Cle 添加を過熱処理の前および後に行なった区別を示す。

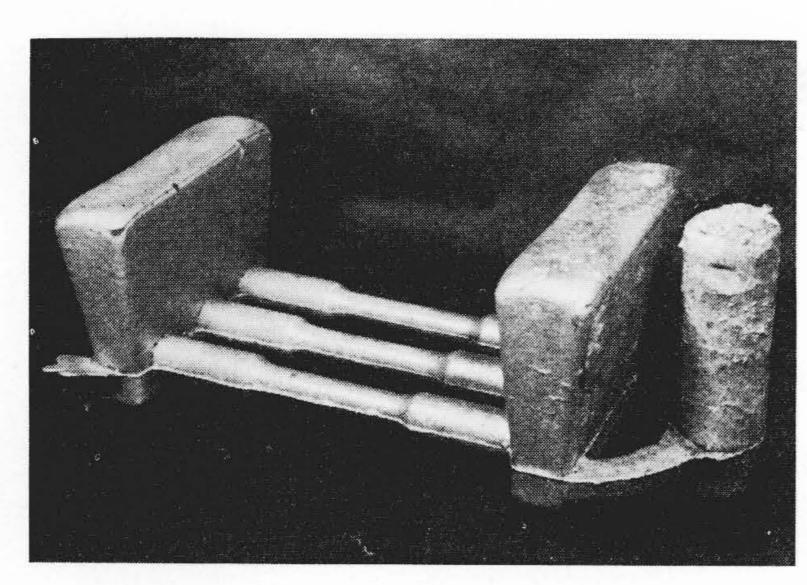


第1図 砂型引張試験片の形状寸法

量は1回2kg とし、マグネシウム地金は旭化成工業株式会社製のもので、純度 >99.6%のもの、Be 合金はアメリカ Beryllium Corporation 製の Al-5% Be 母合金を使用した。結晶微細化剤の C_2Cl_6 には白色粉末状の市販試薬品を使用した。実験資料としては第1図 および第2図に示すような方案で砂型鋳造した引張試験片を用いた。なお鋳物砂には JIS H 9161-1960 に規定されている合成砂を使

日

77.



第2図 砂型引張試験片の鋳造例

第3表	鋳	物	砂	0	組	成
	11.00			T		

小 彳	3 浜	砂	85.7%
1	オ	ウ	3%
ホ	ウ	酸	1%
フッ化	アンモニ	ウム	4%
ベン	トナイ	ſ	1.3%
	水		5%

用し,酸化防止剤の消耗にしたがい適時追加し,その効果を常に十分ならしめた。第3表に鋳物砂の配合例を示す。

結晶粒の微細化程度の定量には引張試験を終わった試験片のチャック部分に 400℃×20 h の溶体化処理を施して、結晶粒界を明瞭ならしめた後、研摩、腐食を行なって検鏡し、1 mm² 当たりの結晶粒数を測定した。

4. 実 験 結 果

4.1 引張強さに対する影響

砂型鋳造した引張試験片について,鋳造のままの状態で引張試験 を行ない,3本の試験片の平均値について分散分析を行なった。第 4表は引張試験結果である。

分散分析の結果有意差がみとめられたのは 1% の危険率で C_2Cl_6 の添加量, 5%の危険率で Be の添加量および 10%の危険率で C_2Cl_6 の添加量と添加温度との交互作用の三要因である。 第 $3\sim5$ 図 にこ

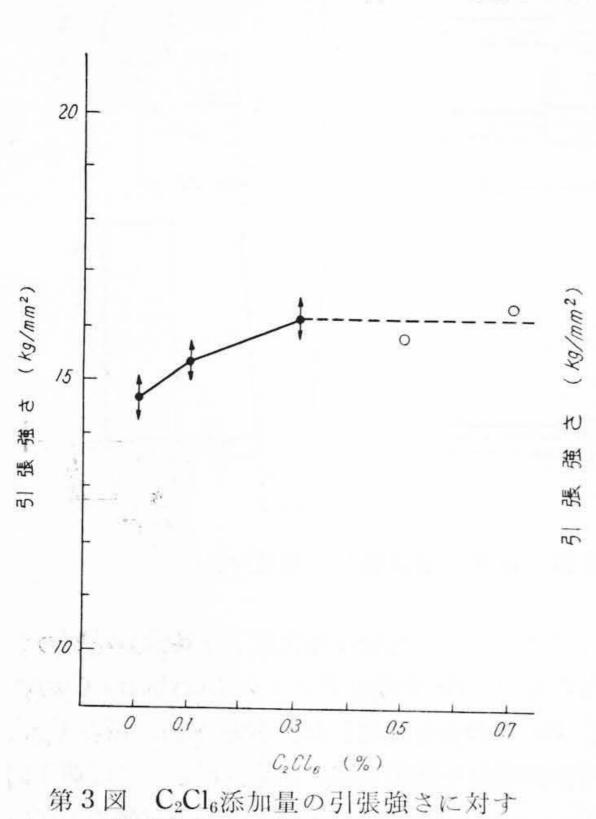
第4表 引 張 試 験 結 果

	要		因	# AF # 15	Ich zv	ブリネル	
試料番号	C ₂ Cl ₆ 添加量 (%)	C ₂ Cl ₈ 添加温度 (℃)	Be 添加量 (%)	引張強さ (kg/mm²)	伸 び (%)	かたさ (H _B)	
101	0		0	15.0	0.9	62.5	
102	0	-	0.002	14.9	1.0	59.5	
103	0		0.005	14.9	0.8	64.6	
104	0	_	0	15.0	0.8	60.5	
105	0	-	0.002	14.4	0.5	58.6	
106	0		0.005	14.2	0.3	61.5	
107	0	7.5	0	15.0	0.9	61.5	
108	0	_	0.002	14.7	0.8	59.0	
109	0	_	0.005	14.6	0.5	63.0	
110	0.1	700	0	16.0	1.6	62.5	
111	0.1	700	0.002	15.1	1.1	60.5	
112	0.1	700	0.005	16.3	0.7	62.5	
113	0.1	750	0	15.8	1.1	69.1	
114	0.1	750	0.002	14.6	0.8	62.5	
115	0.1	759	0.005	15.7	1.6	60.5	
116	0.1	800	0	15.1	0.5	66.8	
117	0.1	800	0.002	15.5	0.6	64.6	
118	0.1	800	0.005	14.4	0.2	62.5	
119	0.3	700	0	16.3	0.9	62.5	
120	0.3	700	0.002	15.8	1.1	60.5	
121	0.3	700	0.005	14.8	0.4	60.5	
122	0.3	750	0	16.5	1.2	62.5	
123	0.3	750	0.002	16.5	1.1	62.5	
124	0.3	750	0.005	15.8	1.1	55.1	
125	0.3	800	0	17.1	1.4	62.5	
126	0.3	800	0.002	16.4	1.0	62.5	
127	0.3	800	0.005	15.7	1.4	60.5	
217	0.5	800	0.002	15.8	1.0		
218	0.7	800	0.002	16.4	1.4		

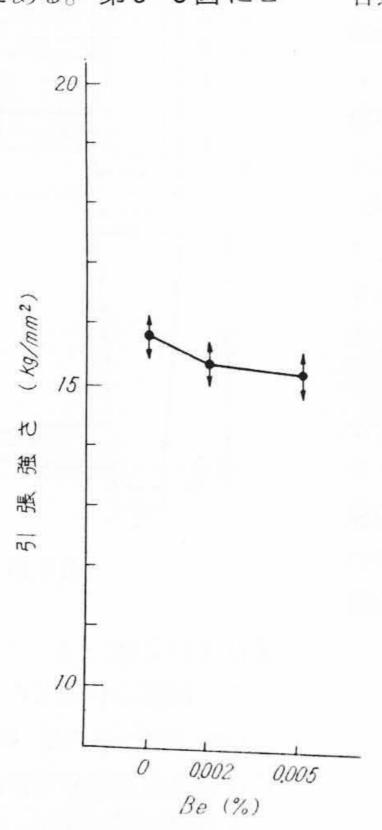
れら三要因の効果を示す。第3図に C_2Cl_6 の添加量を増して、0.5% および 0.7% にした場合のデータを付記したが、その結果によると 微細化処理に用いる C_2Cl_6 の量は 0.3% でよいことがわかる。また 第4図 および 第5図 より Be の添加量は可及的少ない方がよく、 C_2Cl_6 0.3% の添加温度は $750\sim800\%$ がよいことがわかる。

4.2 C₂Cl₆ 処理法, 過熱処理法および両者の併用法の比較

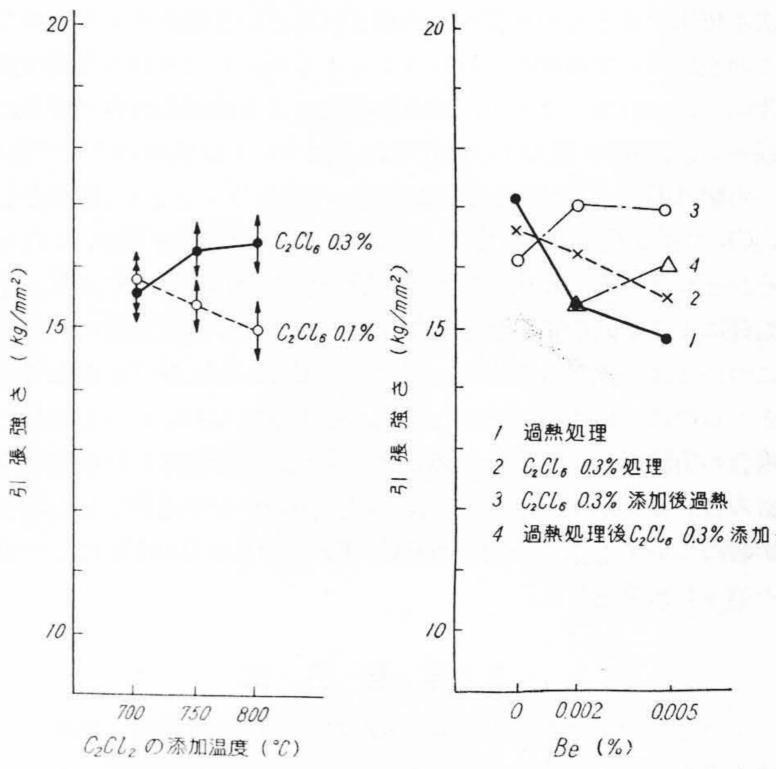
 C_2Cl_6 添加による結晶微細化法と、従来から行なわれている過熱 処理法との引張強さに対する影響の比較、ならびに両処理法の併用 効果について簡単な実験を行なった。過熱処理は850°C×1時間の一 定条件とし、これに800°C における C_2Cl_6 の添加を組み合わした場 合過熱処理の前に添加したものと過熱処理後に添加したものの両方



第3図 C_2Cl_6 添加量の引張強さに対する影響(0.5, 0.7%の値は追加実験による参考値)



第4図 Be 添加量の引張 強さに対する影響



第5図 C₂Cl₆ 添加量と添加温 第6図 引張強さに対する過熱 度の引張強さに対する影響 処理および C₂Cl₆ 処理の影響

第5表 引 張 試 験 結 果

試料番号	美	S 条	件	引張強さ	伸び	ブリネル
	C ₂ Cle 添加量 (%)	過熱処理	Be 量 (%)	(kg/mm ²)	(%)	か た さ (H _B)
128	0	850℃×1時間	0	17.1	1.8	60.5
129	0	850℃×1時間	0.002	15.4	0.9	56.8
130	0	850℃×1時間	0.005	14.8	1.2	61.5
131 A	0.1	850℃×1時間	0.002	14.1	0.8	60.5
131 B	0.1	850℃×1時間	0.002	15.5	1.8	
132A	0.3	850℃×1時間	0.002	17.0	1.8	56.8
132B	0.3	850℃×1時間	0.002	15.4	1.2	
133A	0.1	850℃×1時間	0.005	16.6	1.1	58.6
133B	0.1	850℃×1時間	0.005	14.4	1.5	13
134A	0.3	850℃×1時間	0.005	16.9	1.2	63.5
134B	0.3	850℃×1時間	0.005	16.0	1.2	
213	0.3	850℃×1時間	0	16.1	1.0	

について検討した。実験の組み合わせは**第2表**のとおりで引張試験 結果を**第5表**に示す。

これらの値をさきに 第4表 で得た C_2Cl_6 0.3% 添加のときの微細 化効果の値と合わせ図示すると第6図のようになる。

この結果を比較検討してみると、Be を添加しない場合は C_2Cl_6 の 効果と、過熱処理による効果とはほとんど変わらないが、Be を添加した場合には前者の方がすぐれた効果をあらわすようである。また、両処理を併用する場合は C_2Cl_6 の添加前に過熱処理したものよりも C_2Cl_6 を添加後、過熱処理したものの方が引張強さが若干高くなっている。これは C_2Cl_6 添加と過熱処理とを併用すると両者の効果が打ち消されるという文献(6)の内容と相反するが、少なくとも本実験の結果では両者の併用によって引張強さが低下する事実はなさそうである。したがって現場作業で誤って溶解温度を上げすぎても、 C_2Cl_6 の効果がなくなり、引張強さを低下せしめることはないものと考える。

4.3 C₂Cl₆ 添加による結晶粒の微細化効果の定量

結晶粒数の測定には Jeffries の方法(2)(7)を採用した。すなわち,各試料ごとに 3 個所ずつ検鏡し、それぞれの 0.88 mm² の円形視野に直交する中心線を引き、それらが横切る結晶粒を数えて平均した数値を二乗し、それをさらに 0.8 倍した値を 1 mm² の値に換算して結晶粒数とした。これによって得られた値を分散分析して有意差検定を行なった。さらに過熱処理による結晶粒の微細化効果との比

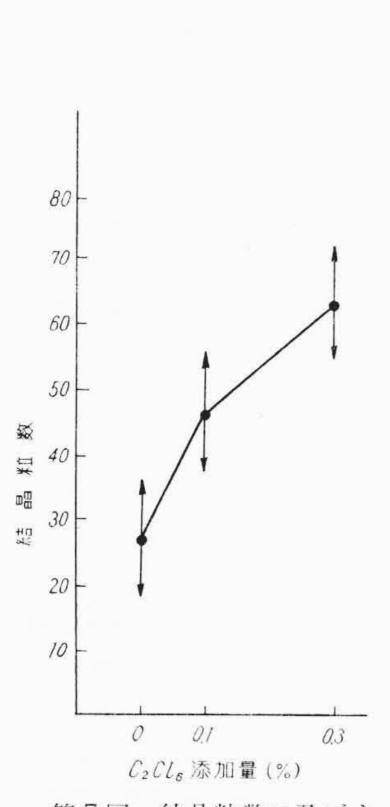
第6表 結晶粒数測定結果

	9	臣	因	結晶粒度
試料番号	C ₂ Cle添加量	C ₂ Cle添加温度 (℃)	Be 添 加 量	和III 在
101	0		0	34
102	0		0.002	21
103	0		0.005	23
104	0	-	0	44
105	0	-	0.002	19
106	0	-	0.005	21
107	0	i—	0	39
108	0		0.002	20
109	0	-	0.005	22
110	0.1	700	0	40
111	0.1	700	0.002	18
112	0.1	700	0.005	15
113	0.1	750	0	104
114	0.1	750	0.002	31
115	0.1	750	0.005	24
116	0.1	800	0	94
117	0.1	800	0.002	55
118	0.1	800	0.005	34
119	0.3	700	0	88
120	0.3	700	0.002	55
121	0.3	700	0.005	31
122	0.3	750	0	94
123	0.3	750	0.002	44
124	0.3	750	0.005	41
125	0.3	800	0	100
126	0.3	800	0.002	88
127	0.3	800	0.005	29

較および結晶粒数と引張強さとの関係についてもあきらかにした。 第6表に C_2Cl_6 添加のみによる結晶粒数の測定値を示す。

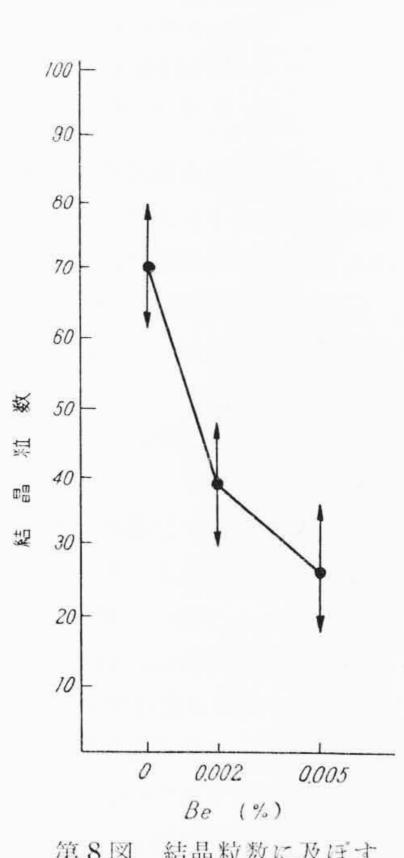
これを分散分析した結果、 C_2Cl_6 の添加量と Be の添加量とが 1% の危険率で有意であり、 C_2Cl_6 添加温度が 5% の危険率で有意である。また C_2Cl_6 の添加量と Be の添加量との交互作用が 10%の危険率で有意となった。これらの有意とでた要因と結晶粒数との関係を図示すれば第7~10 図のようになる。

すなわち、 C_2Cl_6 の添加量を増加するにしたがい結晶粒は細かくなり、逆に Be の添加量が増えると結晶粒はあらくなる。また C_2Cl_6 の添加温度は $750\sim800$ °C がよい。さらに第 10 図によれば Be を添加すると C_2Cl_6 の結晶微細化効果が相当減殺され、 Be 添加量が

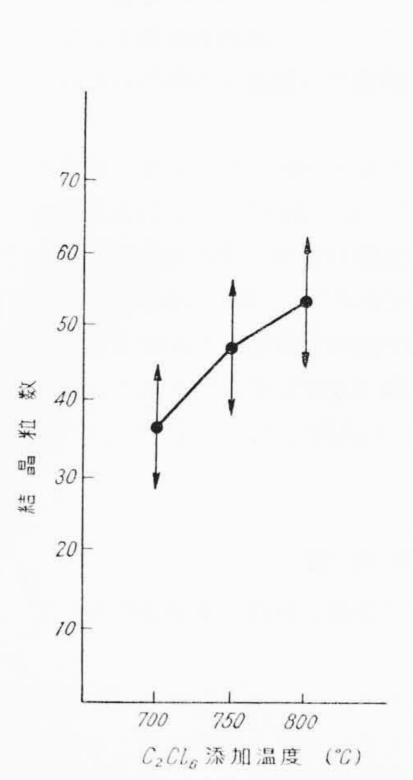


77

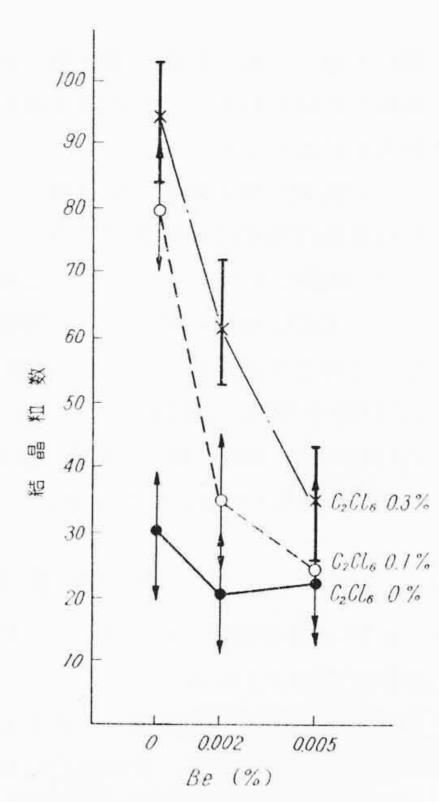
第7図 結晶粒数に及ぼす C₂Cl₆ 添加量の影響



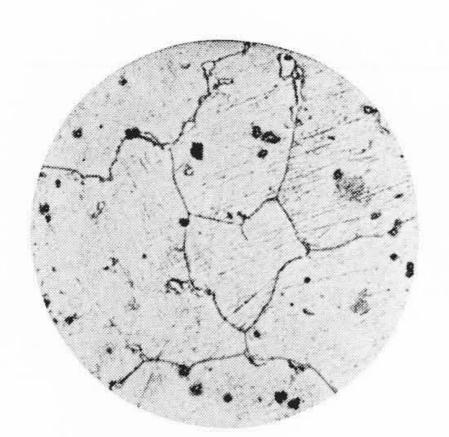
第8図 結晶粒数に及ぼす Be 量の影響



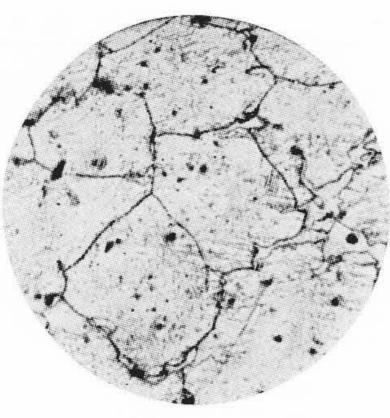
第9図 結晶粒数に及ぼす C₂Cl₆ 添加温度の影響



第10図 結晶粒数に及ぼす C₂Cl₆添加量とBe量との関係

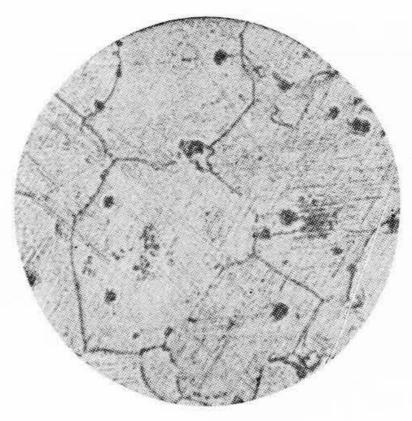


第11図 試料101 $(C_2Cl_6 0\%, Be 0\%) \times 130$ (750°C), Be 0%] ×130 (750°C), Be 0%] ×130 Be 0.002%) ×130

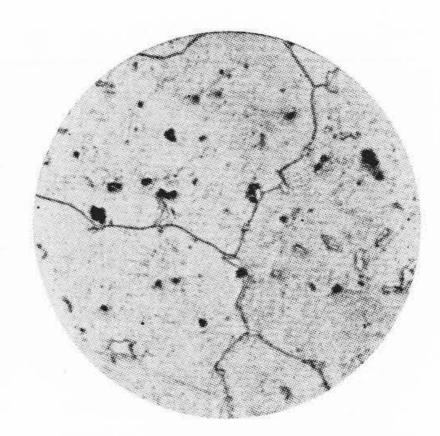


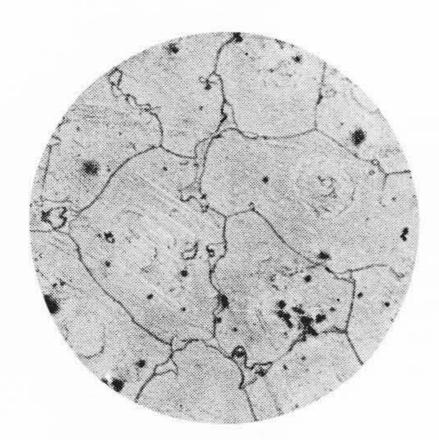
日

第 12 図 試料 113 [C₂Cl₆0.1%



第13 図 試料 122 [C2Cl6 0.3% 第14 図 試料 102 (C2Cl6 0%,

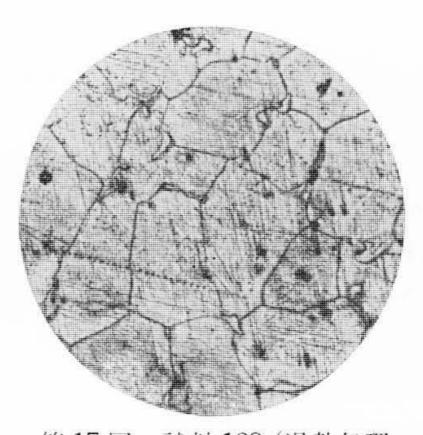




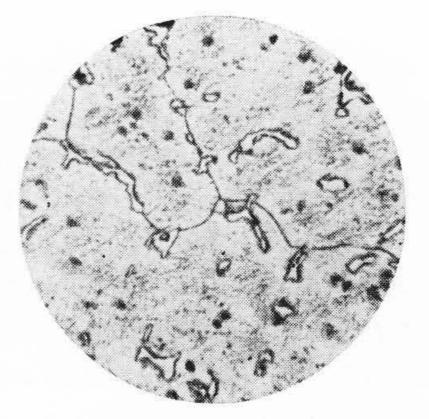
第 15 図 試料 117 [C₂Cl₆ 0.1% 第 16 図 試料 126 [C₂Cl₆ 0.3% (800°C) , Be 0.002% × 130



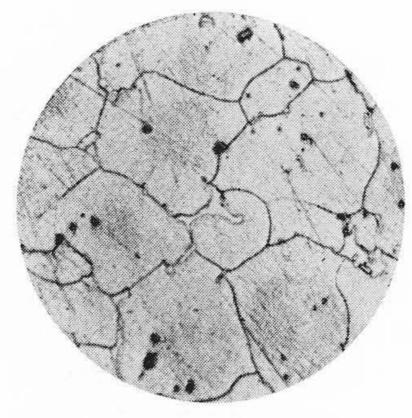
 $(800^{\circ}\text{C}), \text{ Be } 0.002\%$ × 130



850℃×1時間)×130



第 17 図 試料 128 (過熱処理 第 18 図 試料129 (過熱処理850℃ ×1 時間, Be 0.002%) ×130



第 19 図 試料 131A [C₂Cl₆ 0.1% (800℃), 過熱処理 850℃×1時 間, Be 0.002% > ×130

0.005% になると C₂Cl₆ を 0.3% 添加しても大きな微細化効果は のぞめなくなる。第11~16図 は微細化効果に有意差のみとめ られた要因を変化した場合の代 表的な組織を示す。

C₂Cl₆の添加量が 0.3%以上の 影響については検討を行なわな かったが、第10図の傾向から して Be の添加量が多くなると あまり大きな期待は持てないよ うである。

C₂Cl₆ 処理と過熱処理とを併

用した場合の結晶粒数を第7表に示す。ただし過熱処理後 C₂Cl₆ を 添加した試料Bについては第5表の結果で引張強さが低かったので 測定を行なわなかった。

この結果を第6表と比較対照してみると, Be を添加しない場合の 結晶微細化効果は過熱処理の方がよいが、 Be が添加されると逆に C_2Cl_6 処理の方がよくなる。 また両処理の併用は Be 添加量が少な ければ C_2Cl_6 のみの場合より効果的であるが、 Be の添加量が多く なるとほとんど変わらなくなる。第17図は過熱処理のみによるもの (試料番号 128), 第18 図 はこれに Be 0.002% が添加されている場 合(試料番号 129), 第19図は C₂Cl₆ と過熱処理を併用したもの(試 料番号 131A) の結晶粒を示す。

5. 結果の考察

4.1~4.3の結果を総合すると、結晶微細化処理の最適条件として は第8表のようになる。

溶解鋳造時の酸化燃焼を防止するためには、ある程度の Be 添加 は絶対必要であるが、その場合には C₂Cl₆ 処理と過熱処理との併用 法が各単独の場合よりも引張強さ,結晶粒度のいずれに対しても効 果的である。しかし C₂Cl₆ 処理法との差は非常に小さいので、併用

第7表 C₂Cl₆処理と過熱処理との併用効果による結晶粒数

	実	験 条	件	处: 目 彩 粉c	
試料番号	C ₂ Cle添加量	過熱処理	Be 量 (%)	結晶粒数 (1mm²)	
128	0	850℃×1時間	0	163	
129	0	850℃×1時間	0.002	19	
130	0	850℃×1時間	0.005	26	
131 A	0.1	850℃×1時間	0.002	94	
132A	0.3	850℃×1時間	0.002	51	
133A	0.1	850℃×1時間	0.005	28	
134A	0.3	805℃×1時間	0.005	62	

第8表 C₂Cl₆ の 添 加 条 件

要	条件
C ₂ Cle の添加量	0.3%
C ₂ Cleの添加温度	750∼800℃
Be の 添 加 量	0.002%

法における作業の複雑性を考慮して、実際生産にあたっては C₂Cl₆ 処理法のみで十分と考える。 C_2Cl_6 の添加量は 0.3% 以上について はあまり大きな期待は持てないので 0.3% と決定した。

C₂Cl₆の添加温度についても 800℃ 以上の検討を行なわなかった が、第5図の傾向ならびに溶解作業の困難性を考慮して750~800℃ と決定した。

また Be の添加量については必要にして最小限ということから, 0.002% と決定した。

なお C₂Cl₆ および過熱処理によるマグネシウム合金の結晶微細化 機構についてはなんら解明を行なわなかったが、これについてはい ままでのところ確たる解釈は得られてない。過去の文献では過熱処 理による微細効果は、過熱によってできる (FeMn) Al₃, FeAl₃, Mn Al₄などの高融点化合物の核作用(Inoculation)であろうと推定され ている(8)(9)。またC化合物による効果はマグネシウム合金中にアル ミニウムが含まれている場合、このアルミニウムとC化合物の炭素 とが結合して炭化物をつくり, これが核作用となって結晶を微細化 するのであろうといわれている⁽³⁾⁽¹⁰⁾。マグネシウム合金中に Be が

添加された場合には結晶微細化機構がさらに複雑化されると思うが、Beを添加しない場合とは逆に過熱処理よりも C_2Cl_6 による核作用の方が効果的であるということは結晶構造学的にみてはなはだおもしろい結果といえる。

6. 結 言

マグネシウム合金の溶解中に酸化燃焼を防ぐため Be を添加した場合, C_2Cl_6 処理による結晶微細化効果が過熱処理によるよりもすぐれていることがわかった。 C_2Cl_6 による微細化法は,過熱処理のように高温度における操作を必要としないため,作業の危険性および経済的観点からも好ましいということがいえる。なお,今回の実験では機械的性質は鋳造状態の場合のみについて検討し,熱処理状態については実験のつごう上本報告では省略したが,この点に関し

ては後刻改めて報告する予定である。

最後に、本研究の遂行に際し種々ご指導を賜わった日立金属工業株式会社深川工場稲垣課長、江上主任ならびに実験にご協力をいただいた山根善二郎君に対し深甚の謝意を表わす次第である。

参 献

- (1) 森川, 山根: 深川研報 No. 151 (1961 4月)
- (2) N. Tiner: AIME, 242~264 (1946)
- (3) Robert T. Wood: Foundry, (Feb. 1953)
- (4) Thomas E. Leontis: AIME, 180, 287~321 (1949)
- (5) 市川理衛: 軽金属 44 (Sept. 1960)
- 6) C. Sheldon Roberts: Magnesium and its Alloys
- (7) Z. Jeffries: Chem. and its Alloys
- (8) 諸住正太郎: 日本金属学会春期大会 (1956)
- (9) 大日方一司: 金属 (1956 5月)
- (10) U. S. Patent No. 2429221 (Oct. 31, 1947)

新案の紹介

引



登録新案第579036号

村 田 師 男・斎 田 信 幸

多数の引込線を有する車両集積所などでは小単位の車両の入れ替えをすることが多いが、これを普通の機関車で行なうと、レール上の他の車両がじゃまになったりレール分岐点までもどったりして能率的でない。この考案はこの問題を解決したもので、レール用車輪と道路用車輪とを兼備し必要に応じてこの車輪を使い分け、あるレールで作業が終われば道路用車輪を利用して他のレールに渡り、こ

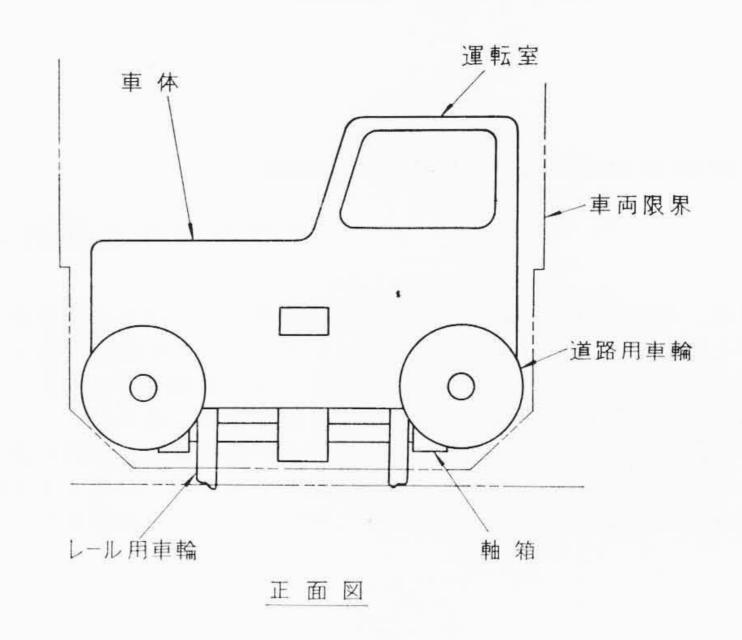
こで次の作業を行なうようにしたものである。

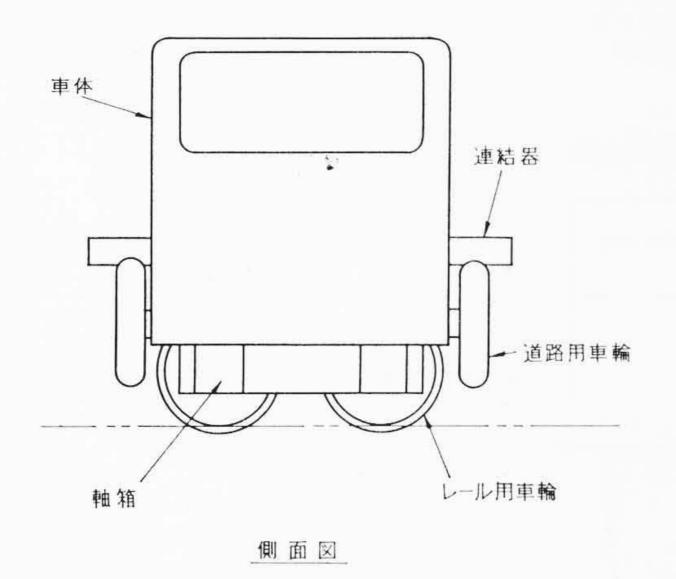
車輪の切り替えは構造の簡易化をねらって操舵が必要な道路用車輪を車体に固定し、操舵の必要のないレール用車輪を運転室から操作できる油圧装置で上下動可能な機構とする。また踏み切りはレールに対して直角に、かつその高さはレール上面と同一になるように設けられることに着目し、レール用車輪と道路用車輪とは直角方向に配置し、車輪切り替えは踏み切りにおいて行なうようにする。この結果レール、道路相互の乗り入れに際しレール高さを踏み越える必要はなくなり、運用が能率的にできる。走行用の動力は原動機から取り切替装置で切り替えるが、道路上の運行に当たっては操舵を必要とするので運転室は道路上進行方向に向けて取り付けられ、道路用車輪の前軸に操舵機構、後軸に差動装置が設けられる。レール上走行の際車体は車両限界内に納まるようになっている。

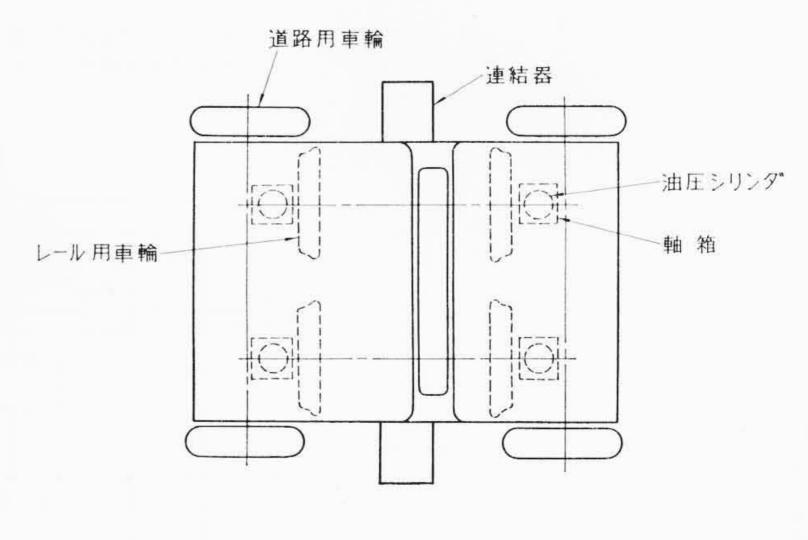
このような構造であるから、入れ替え作業においてはいちいち普通の機関車のようにレール分岐点までもどって他のレールへ進入す

車

る必要はなく,能率的な作業ができるとともに道路上においてもそ の動力を利用してけん引作業ができるので,非常に便利である。







平面図



特許の紹介



特許第274039号 (特公昭35-12404)

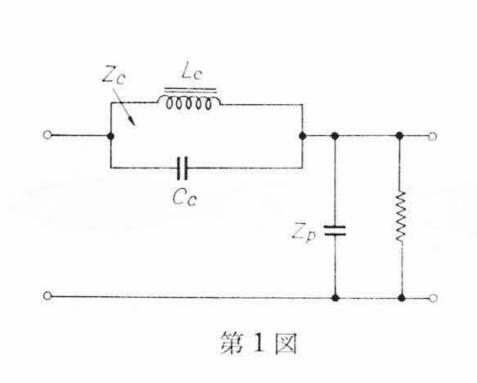
阿部 善右衛門・鏑木

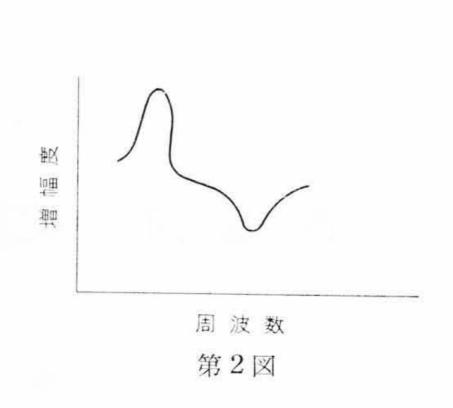
直並列共振回路を有する増幅装置

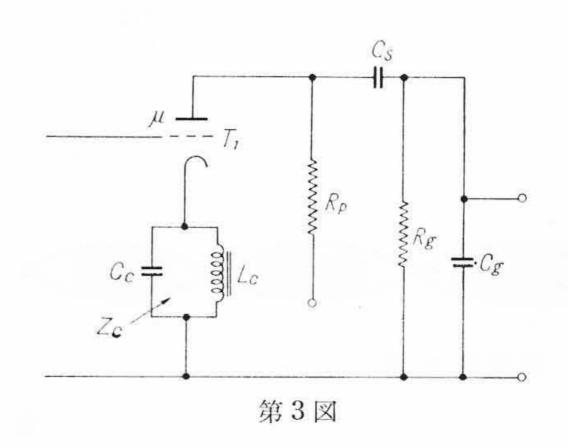
第1図に示す直並列共振回路は,第2図に示す周波数特性を有するようにそのインピーダンス \dot{Z}_c の並列共振周波数を抑圧し, \dot{Z}_c と \dot{Z}_b との直列共振周波数を増幅するために超低周波増幅器などの陽極負荷インピーダンスとしてよく使用される。しかし,増幅度を高めるために \dot{Z}_c または \dot{Z}_b のインピーダンス,すなわち選択度Qとインダクタンスの積をきわめて大きくする必要があるが,これらの回路を自記赤外分光光度計などの自動平衡形増幅器などに使用する場

合はその応答をよくするためにQは低い方が望ましい。

このためこの発明は第3図に示すように、真空管 T_1 の陰極側に接続したインピーダンス \dot{Z}_c はその電流負帰還作用のため陽極側に換算するときは $(1+\mu)$ 倍になることを利用し、これと陽極側回路インピーダンスとを共振せしめるようにしたもので、この結果Qをそれほど大きくしないで増幅度を高めることができた。 (井 沢)







特 許 第 2 9 3 3 4 1 号 (特公昭 36-16855)

三 巻 達 夫

二つの操作を並列に用いた自動最適制御方式

最近、非線形の制御動作を積極的に活用するいわゆる非線形最適 制御といわれる制御方式が提案されている。これは訂正動作として 利用できる操作部の最大のエネルギーをうまく制御対象に与えて平 衡点にできる限り早くひき戻そうという制御方式である。

この発明はこのような制御方式を定位性の制御対象の場合に適用したもので、目標値と無関係に所定の最大および最小位置をとる操作部 V_1 と、並列にこの操作部 V_1 の所定中間値と目標値または外

乱との差に対応する操作位置を与える操作部 V_2 を設け、常に同一切換曲線を用いて非線形最適制御を行なうことを特長としている。この発明によれば、定位性の制御対象の場合でも支障なく最適制御を実施でき、またモデルを考慮した制御方式を採用すれば、外乱の入力点および大きさが不明であってもこれらの外乱に対応するエネルギーを補正できるという効果がある。 (永 田)

流体の出口における温度を目標値に保持する ため蒸気を使用し、その流量を制御する例

