

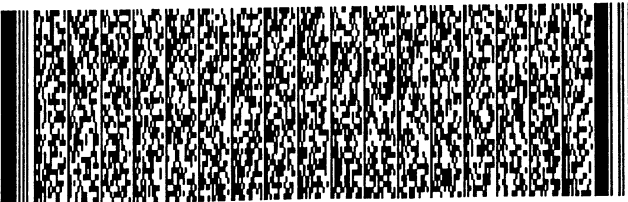
92116800

申請日期: 92 6 20	IPC分類
申請案號: 92116800	C22C 23/06

(以上各欄由本局填註)

## 發明專利說明書 200402474

一、 發明名稱	中文	抗潛變之鎂合金
	英文	CREEP RESISTANT MAGNESIUM ALLOY
二、 發明人 (共2人)	姓名 (中文)	1. 柯林喬士 貝特利 2. 克莉斯多夫 湯瑪士 佛伍德
	姓名 (英文)	1. Colleen Joyce BETTLES 2. Christopher Thomas FORWOOD
	國籍 (中英文)	1. 澳大利亞 AU 2. 澳大利亞 AU
	住居所 (中文)	1. 澳大利亞維多利亞省格華列市莎利士堡路1/5號 2. 澳大利亞維多利亞省高登市愛德華路14號
	住居所 (英文)	1. 1/5 Salisbury Court, Glen Waverley, Victoria 3150, Australia 2. 14 Edward Court, Croydon, Victoria 3136, Australia
三、 申請人 (共1人)	名稱或姓名 (中文)	1. 鑄造中央私人公司
	名稱或姓名 (英文)	1. CAST CENTRE PTY LTD
	國籍 (中英文)	1. 澳大利亞 AU
	住居所 (營業所) (中文)	1. 澳大利亞昆士蘭省聖路西亞市古柏路 (本地址與前向貴局申請者相同)
	住居所 (營業所) (英文)	1. COOPER ROAD ST LUCIA QLD 4067 AUSTRALIA
	代表人 (中文)	1. 大衛 H 聖約翰
代表人 (英文)	1. David H St John	



## 一、本案已向

國家(地區)申請專利	申請日期	案號	主張專利法第二十四條第一項優先權
澳大利亞 AU	2002/06/21	PS3112	有

二、主張專利法第二十五條之一第一項優先權：

申請案號：

日期：

三、主張本案係符合專利法第二十條第一項第一款但書或第二款但書規定之期間

日期：

四、有關微生物已寄存於國外：

寄存國家：

寄存機構：

寄存日期：

寄存號碼：

有關微生物已寄存於國內(本局所指定之寄存機構)：

寄存機構：

寄存日期：

寄存號碼：

熟習該項技術者易於獲得, 不須寄存。

## 五、發明說明 (1)

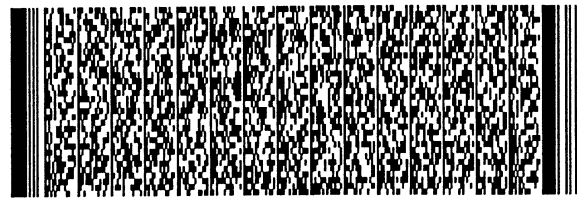
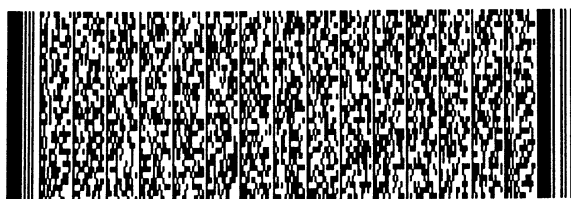
## 【發明所屬之技術領域】

本發明係關於鎂合金，特別是關於高溫抗潛變之鎂合金。

## 【先前技術】

鎂合金一直被使用於需要展現高強度/重量比之營建材料中已經許多年了，基本上，鎂合金製之構件之重量可預期地約為相同體積的鋁合金製之構件之70%，因此，航太工業一直是鎂合金之重要使用者，鎂合金用於現代國防之航空器及太空船之許多構件，然而，限制鎂合金廣泛應用之因素為：當其與鋁合金比較時，基本上，其高溫抗潛性變較差。

隨著控制內部燃料消耗及降低有害氣體排放至大氣中之需求逐漸增加，汽車製造廠商在這壓力下才發展更佳燃料效率之汽車，減少汽車總重量是達到這目標之關鍵，汽車重量主要來自引擎本身，引擎最重要之構件為引擎塊，其約佔引擎總重量之20~25%。以往主要重量減輕係引用鋁合金塊取代傳統的灰鐵塊，若鎂合金能抵抗引擎運轉時之溫度及其產生之應力，則引擎重量可再減少40%。然而，一個可行的鎂引擎塊製造生產線被考慮之前，一所需要之高溫機械性質且兼具有效成本生產流程的合金發展結果是有必要的。近幾年來，高溫鎂合金之研究大都集中在高壓鑄件(HPDC)製程，有幾種合金已經開發出來，高壓鑄件被認為是達到高生產率足以彌補鎂基合金之可能高成本



## 五、發明說明 (2)

之最佳選擇。然而，高壓鑄件不必然是製造引擎塊之最佳製程，實際上，大部分的引擎塊仍然是由重力或低壓砂模鑄造等精密鑄造而成的。

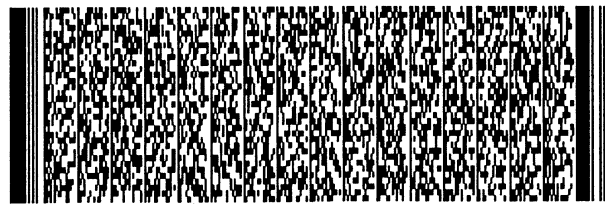
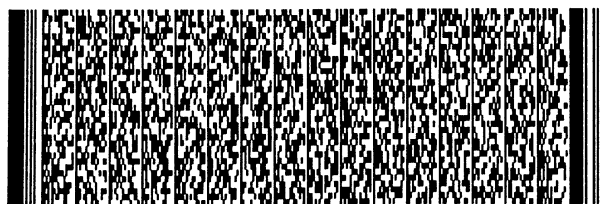
有二種主要的鎂砂模鑄造合金：

(A) 鎂鋁系二元合金，通常加入少量的鋅用以改善強度及可鑄性，這些合金具有適當的室溫機械性質，但在高溫下，其性質並不很好，當溫度超過 $150^{\circ}\text{C}$ 時，其性質很差。這些合金並沒有包含昂貴的合金元素，其廣泛使用在高溫情況下而不要求強度的領域之中。

(B) 藉由添加鋁而將晶粒細化之合金，這群合金主要元素包括鋅、鈮、銀、鈦及稀土元素如釹，由整體規格來看，可了解這表示式"稀土元素"意指原子序從57至71(即鏷至鐳)之任一元素或元素組合，正確選擇合金添加物，這群合金即具有良好室溫及高溫機械性質，然而，除了鋅之外，這群合金中之添加物(包括微晶劑)非常昂貴，此乃因合金通常限於航空應用。

由前蘇聯發展出來而欲用於溫度達 $250^{\circ}\text{C}$ 之航空器之鑄件零件的鎂合金ML10已經應用許多年了，ML10是一種鎂釹鋅鈳系之高強度的鎂合金，而ML19合金額外包含鈮。

一篇由Mukhina et al在1997年發表在"Science and Heat Treatment"第39卷上，名為"Investigation of the Microstructure and Properties of Castable Neodymium and Yttrium-Bearing Magnesium Alloys at Elevated Temperature"的文章，該文章指出ML10及ML19



## 五、發明說明 (3)

典型的成分(重量百分比)為：

	ML10	ML19
鈹	2.2-2.8	1.6-2.3
鈮	無	1.4-2.2
鋳	0.4-1.0	0.4-1.0
鋅	0.1-0.7	0.1-0.6
鎂	剩餘部分	剩餘部分

其不純物標準如下：

鐵	<0.01
矽	<0.03
銅	<0.03
鎳	<0.005
鋁	<0.02
鈹	<0.01

另一些一直在發展中的習知合金如QE22(鎂鋁鈹鋳系合金)及EH21(鎂鈹鋳鈦系合金)，然而，這些合金製造相當昂貴，因為其分別包含大量的銀及鈦。

具有耐熱性之微晶鎂合金可藉由T6熱處理來強化，T6熱處理包括高溫熔解處理、淬火及在一稍高的溫度下進行人工時效(artificial aging)處理等流程，在淬火前之加熱，其過剩相(excess phases)會變成固溶體，在時效過



## 五、發明說明 (4)

程(aging process)中，分散之微細顆粒狀的難溶相(refractory phase)被析出，而產生在高溫下固溶體內晶粒微異質性、擴散阻礙(blocking diffusion)及剪切作用(shear processes)，這改善了其機械性質，即高溫下合金之長期極限強度及抗潛變性。

至今，在合理成本之下，具有想要之高溫(如150～200℃)性質的砂模鑄造鎂合金並無法獲得，至少本發明之較佳實施例係關於這種合金，且特別是(但不限於)針對精密鑄造作業之應用。

## 【發明內容】

第一點，本發明提供一種鎂基合金，其係由下列所組成(重量百分比)：

釹 1.4-1.9%；

除釹之外之稀土元素 0.8-1.2%；

鋅 0.4-0.7%；

鋳 0.3-1%；

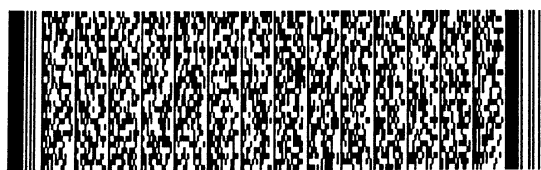
錳 0-0.3%；及

氧化抑制元素 0-0.1%；

其餘部分為鎂(雜質除外)。

第二點，本發明提供一種鎂合金，其係由下列所組成(重量百分比)：

釹 1.4-1.9%；



## 五、發明說明 (5)

除鈹之外之稀土元素 0.8-1.2% ;

鋅 0.4-0.7% ;

鎳 0.3-1% ;

錳 0-0.3% ;

氧化抑制元素 0-0.1% ;

鈦  $<0.15\%$  ;

鉛  $<0.15\%$  ;

鋁  $<0.1\%$  ;

銅  $<0.1\%$  ;

鎳  $<0.1\%$  ;

矽  $<0.1\%$  ;

銀  $<0.1\%$  ;

鈮  $<0.1\%$  ;

鈷  $<0.1\%$  ;

鐵  $<0.01\%$  ;

鋇  $<0.005\%$  ;

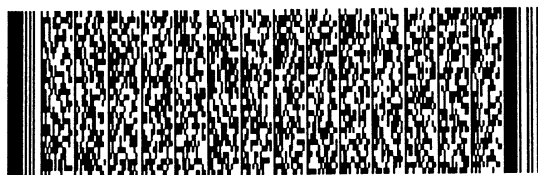
其餘部分為鎂(雜質除外)。

依據本發明第二點之合金，最好：

(a) 鈦含量  $<0.1\%$  ; 鈦含量  $<0.05\%$  較佳 ; 鈦含量  $<0.01\%$  更佳 ; 不含鈦實質上最佳 ;

(b) 鉛含量  $<0.1\%$  ; 鉛含量  $<0.05\%$  較佳 ; 鉛含量  $<0.01\%$  更佳 ; 不含鉛實質上最佳 ;

(c) 鋁含量  $<0.05\%$  ; 鋁含量  $<0.02\%$  較佳 ; 鋁含量  $<$



## 五、發明說明 (6)

0.01%更佳；不含鋁實質上最佳；

(d) 銅含量 $<0.05\%$ ；銅含量 $<0.02\%$ 較佳；銅含量 $<0.01\%$ 更佳；不含銅實質上最佳；

(e) 鎳含量 $<0.05\%$ ；鎳含量 $<0.02\%$ 較佳；鎳含量 $<0.01\%$ 更佳；不含鎳實質上最佳；

(f) 矽含量 $<0.05\%$ ；矽含量 $<0.02\%$ 較佳；矽含量 $<0.01\%$ 更佳；不含矽實質上最佳；

(g) 銀含量 $<0.05\%$ ；銀含量 $<0.02\%$ 較佳；銀含量 $<0.01\%$ 更佳；不含銀實質上最佳；

(h) 鈮含量 $<0.05\%$ ；鈮含量 $<0.02\%$ 較佳；鈮含量 $<0.01\%$ 更佳；不含鈮實質上最佳；

(i) 鈦含量 $<0.05\%$ ；鈦含量 $<0.02\%$ 較佳；鈦含量 $<0.01\%$ 更佳；不含鈦實質上最佳；

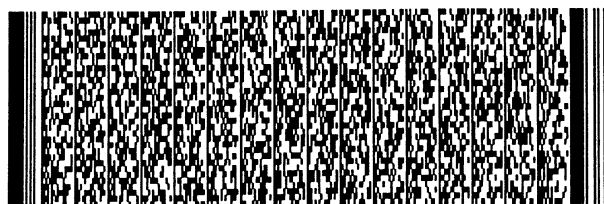
(j) 鐵 $<0.005\%$ ；不含鐵實質上最佳；及

(k) 鋁 $<0.001\%$ ；不含鋁實質上最佳；

依據本發明的合金，最好鎂含量至少 $95\%$ ； $95.5-97\%$ 更佳；大約 $96.3\%$ 最佳。

鈹含量最好大於 $1.5\%$ ；大於 $1.6\%$ 較佳； $1.6-1.8\%$ 更佳；大約 $1.7\%$ 最佳。鈹含量可來自純鈹、含於稀土元素混合物中如鈷鋁合金、或其化合物。

除鈹之外之稀土元素含量最好為 $0.9-1.1\%$ ；大約 $1\%$ 更佳。除鈹之外之稀土元素最好為鈷、鋁或其混合物。鈷最好佔除鈹之外之稀土元素之一半以上的重量； $60-80\%$ 更





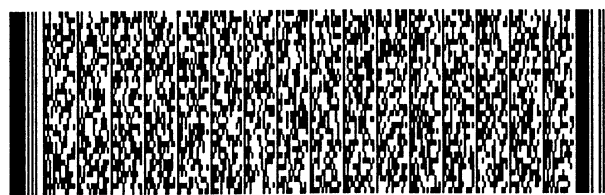
## 五、發明說明 (7)

佳，特別是大約70%，其餘部分大體上為鑷。除釹之外之稀土元素含量可來自純稀土元素、稀土元素混合物如鈾鑷合金、或其化合物。除釹之外之稀土元素最好是來自鈾基鈾鑷合金，其包含鈾、鑷、任意量的釹、適量的鐳及少量的其他稀土元素。

鎂釹鋅合金沉澱相之習慣晶面(habit plane)與鋅含量有關，在低鋅含量(其底線需超過1重量%)時，其為稜柱形，在可促使兩個習慣晶面結合的鋅含量時，可得到最佳強度，鋅含量最好小於0.65%，0.4-0.6%較佳，0.45-0.55%更佳，大約0.5%最佳。

降低鐵含量可藉由添加鋇來達成，其晶粒會使鐵從熔合金中沉澱出來，因此，此處所指的鋇含量即為殘餘的鋇含量，然而，要注意的是：鋇可在兩個不同階段加入，首先是在該合金製造時，其次是在該合金熔化後澆鑄前。

本發明的合金高溫性質與適當的晶粒細化有關，因此，維持熔化中之鋇含量超過用以去除鐵所需量是必要的，對想要的抗拉及抗壓強度性質而言，晶粒大小最好小於200 矽，小於150 矽更佳。本發明合金之抗潛變與晶粒大小之關係與直覺相反，傳統的潛變理論預測抗潛變性會隨晶粒大小之減小而降低，然而，本發明之合金顯示晶粒大小在200 矽時抗潛變性最小，且較小之晶粒可改良其抗潛變性，對最佳之抗潛變性而言，晶粒大小最好小於100 矽，小於大約50 矽更佳。鋇含量最好為達到足以去除鐵及為預期目的而適當晶粒細化所需之最小值，基本上，鋇



## 五、發明說明 (8)

含量要大於0.4%，最好為0.4-0.6%，大約0.5%更佳。

錳是該合金中選擇性的成分，若有需要去除鋁所能達到之更多的鐵，則錳可被添加入，尤其是當鋁含量相對地低時，如低於0.5重量%。

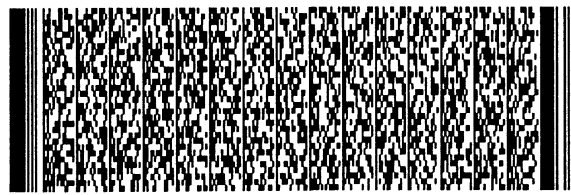
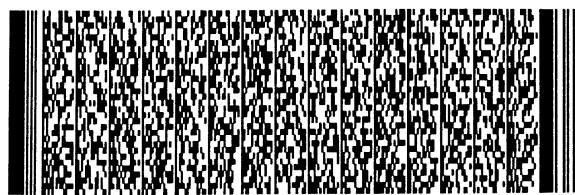
可避免或至少可抑制熔合金氧化之元素(如鋁及鈣)是選擇性的成分，特別是在不能藉由遮蔽氣體控制而適當保護熔化的情況下，則這些元素可被添加入，尤其是當壓鑄過程不是一封閉系統時。

最理想是：不純物含量為零，但本質上這是不可能，是可預期的。因此，不純物含量最好低於0.15%，低於0.1%較佳，低於0.01%更佳，低於0.001%最佳。

第三點，本發明提供一鎂基合金，其具有一包括鎂基固溶體之等軸晶粒且晶粒邊界被一大致連續之晶粒中間相隔開的顯微組織，該晶粒包含均勻分布的奈米尺度之片狀沉澱物沉澱在不只一個習慣晶面上，該習慣晶面含有鎂及鋁，晶粒中間相幾乎完全由稀土元素、鎂及少量的鋅所組成，該稀土元素大致上是鈾及/或釷。

該晶粒包含成群的小球狀沉澱物，該球狀群聚物包含微細的桿狀沉澱物，該球狀沉澱物主要為鋁及鋅，其中鋁鋅原子比例大約為2:1；該桿狀沉澱物主要為鋁及鋅，其中鋁鋅原子比例大約為2:1。

本說明書中的這個措詞"大致連續"是意指至少大部分的晶粒中間相是連續的，但是其他連續部分之間存在一些



## 五、發明說明 (9)

間隙。

第四點，本發明提供一種製造鎂合金物品的方法，其包括T6熱處理，該物品係依據本發明第一、二或三點之合金所鑄造。

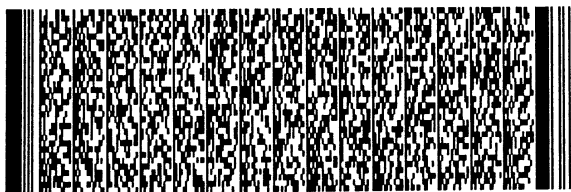
第五點，本發明提供一種製造鎂合金物品的方法，其包括以下步驟：

- (a) 在模中將依據本發明第一、二或三點之合金鑄件固化；
- (b) 將固化鑄件加熱至 $500 \sim 550^{\circ}\text{C}$ 維持第一段時間；
- (c) 將鑄件淬火；及
- (d) 在 $200 \sim 230^{\circ}\text{C}$ 時效處理該鑄件維持第二段時間。

該第一段時間最好為 $6 \sim 24$ 小時，該第二段時間最好為 $3 \sim 24$ 小時。

第六點，本發明提供一種製造鎂合金鑄件的方法，其包括以下步驟：

- (a) 將依據本發明第一、二或三點之合金熔化形成一熔化合金；
- (b) 將該熔化合金引入一砂模或金屬模中使該熔化合金固化；
- (c) 從模中取出最後的固化鑄件；及
- (d) 該鑄件在第一段溫度範圍內維持第一段時間，在



## 五、發明說明 (10)

這段時間內該鑄件一部份的晶粒中間相被熔解，隨後該鑄件在第二段溫度範圍內(比第一段溫度範圍為低)維持第二段時間，在這段時間內奈米尺度之片狀沉澱物沉積在該鑄件的晶粒內及晶粒邊界上。

該第一段溫度範圍最好為 $500 \sim 550^{\circ}\text{C}$ ，該第二段溫度範圍最好為 $200 \sim 230^{\circ}\text{C}$ ，該第一段時間最好為 $6 \sim 24$ 小時，該第二段時間最好為 $3 \sim 24$ 小時。

第七點，本發明提供一依據本發明第四、五或六點之方法所製造之內燃機引擎塊。

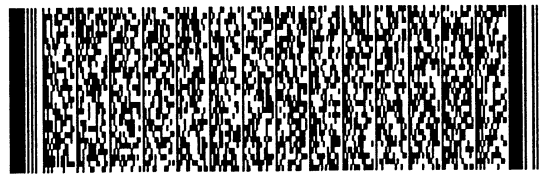
第八點，本發明提供一依據本發明第一、二或三點之鎂合金所形成之內燃機引擎塊。

前面特別提到引擎塊，要注意的是本發明之合金可用在其他的高溫及低溫應用。

## 【實施方式】

## 例一

表一之六種合金組成樣品是藉由重力將其澆鑄到一具有階梯厚度由 $5 \sim 25\text{mm}$ 的階梯狀平板鑄模而形成的鑄件如附件一所示，加入除釹之外之稀土元素作為一鈰基鈰鑰合金，該鈰鑰合金包含鈰、鑰及一些釹；額外的釹及鋅係以元素形式加入；加入鋯係因其為一專有的鎂鋯母合金。整



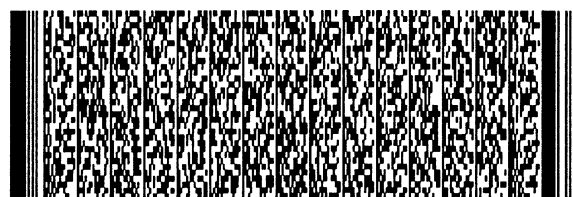
## 五、發明說明 (11)

個鑄板件之製備係使用標準溶化操作程序，各個樣品需經表二之T6熱處理編號3處理，經測試其可提供最好的結果，該溶解熱處理係在一控制的大氣環境中進行，以避免熱處理過程中表面層氧化。熱處理後之樣品需經檢查測試以確定其硬度、抗拉強度、潛變性質、抗腐蝕性、疲勞性能及螺栓負載保持行為(bolt load retention behavior)，細節如表一及表二所示。

以下結論由結果分析獲得：

顯微照相顯示比對組成B在晶粒邊界及三相點具有大量的金屬中間相，這與其具有最高總稀土元素含量一致。比對組成C及發明組成1具有最少量的金屬中間相，這亦與其具有低總稀土元素含量一致。發明組成2之顯微照相清楚顯示其具有比任一其他組成更大且更多變的晶粒大小，這可能是由於這組成的鋁含量稍低。全部六種組成在大約晶粒中央處均具有雲狀之沉澱物，其在本說明書中其他地方稱為鋁鋅化合物。

進行硬度測試，發明組成1及2一致性地與發明組成3一樣好或更好，這表示鋅含量0.4~0.6重量%是可接受的；比對組成C一致性地具有低硬度值，這表示高含量鋅與低含量稀土元素之組合是不適當的；比對組成A及B非常類似於各發明組成，這表示高鋅含量之不利影響可由非常高的稀土元素含量來補償。然而，這並不具商業吸引力，因為稀土金屬價格高。



## 五、發明說明 (12)

抗拉性質在室溫 $100^{\circ}\text{C}$ 、 $150^{\circ}\text{C}$ 及 $177^{\circ}\text{C}$ 下測定，選定組成變量以便研究其相互影響，以下為所作之觀察結果。

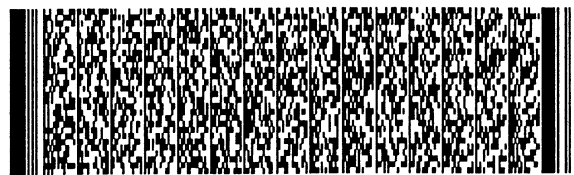
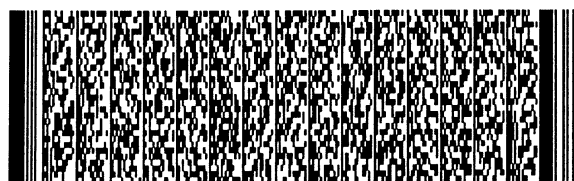
發明組成1之鈹含量與發明組成3相似，但是其鋅及其他稀土元素則低於發明組成3，其機械性質與發明組成3一樣好或更好，這表示低鋅及/或稀土元素含量不必然不利於機械性質。

比對組成A及發明組成1有非常類似之低鋅含量，然而比對組成A有低鈹含量、高其他稀土元素含量及高總稀土元素含量，在室溫下，發明組成1有較佳之安全限應力及稍高之伸長性，這與額外的鈹提供強化及減少鈹鑄晶粒界面之金屬中間相一致。在高溫下，室溫下之趨勢維持不變。

發明組成1、2及比對組成C之成分除了鋅之外非常相似，其中比對組成C之鋅含量較高，比對組成C比發明組成1或2有稍高之鈹及其他稀土元素含量，在室溫及高溫下，發現當鋅含量增加時，安全限應力降低，而伸長性增加，最嚴重之安全限應力降低發生在鋅含量介於 $0.41\sim 0.67$ 重量%之間。

比對組成B及C有非常類似之高鋅含量，其中比對組成B比比對組成C有較高之總稀土元素含量(來自高鈹及高鈹鑄含量)。在所有溫度下，比對組成B之安全限應力及伸長性一致性地比比對組成C佳，這兩種性質對潛變行為有重大影響。

所有組成的潛變測試在定荷載 $90\text{MPa}$ 及在溫度 $150^{\circ}\text{C}$ 與



## 五、發明說明 (13)

177°C 下進行，穩態潛變率列在表三。

當比較各種抗潛變之鎂合金時，作用100小時後潛應變為0.1%之應力常常被引用，六種組成中沒有一種在150°C及90MPa作用100小時後有這種級數之潛應變，同樣地，在177°C下，沒有一種組成在作用100小時後超過這個值，然而在足夠長的測試時間，其潛應變則會超過這個值。在150°C下，所有六種組成之潛應變行為是可接受的。

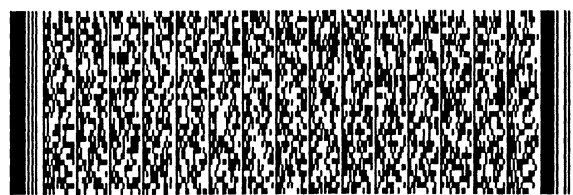
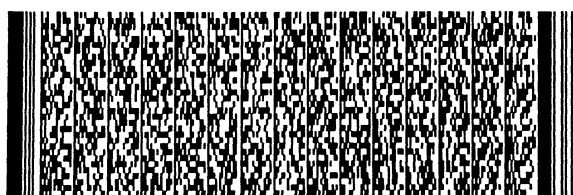
在抗拉試驗結果中所覺察到的鋅之影響在150°C潛變試驗結果中也是很明顯，特別是初級潛變延長，其中發明組成1比發明組成2佳，發明組成2又比比對組成C佳，而這三種組成之第二級潛變率則很類似。比對組成B不但具有最高鋅含量而且有高稀土元素含量也是可接受的，這又表示高鋅含量之不利影響可由高稀土元素含量來抵銷。

比對組成A比發明組成1具有較高的初級反應及稍高的穩態潛變率，這表示雖然釹含量1.4%可接受，但是1.5%是一較佳之最低值，1.6%甚至更佳。

## 例二

## 實驗方法

一種稱為SC1之合金樣品(鎂96.3%、釹1.7%、稀土元素1.0%(鈾:鐳約為70:30)、鋅0.5%及鋁0.5%)是由重力澆鑄階梯狀平板製備而得，如圖1所示，加入鈾及鐳作為一鈾基鈾鐳合金，該鈾鐳合金亦包含一些釹，額外的釹及鋅係以元素形式加入，加入鋁係因其為一專有的鎂鋁母合



## 五、發明說明 (14)

金。此處所呈現之機械性質係由切取自階梯厚度15mm之樣品所測定的，其晶粒大小可達約為40 矽，整個鑄板件之製備係使用標準溶化操作程序及在一控制的熱處理環境中進行。

## 顯微組織

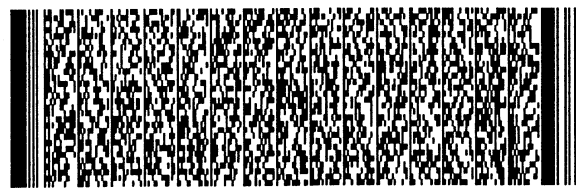
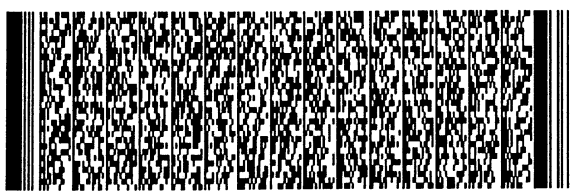
用於金相檢驗之樣品先以鑽石糊狀物(diamond pastes)拋光至1 矽，接著再以膠態矽石(colloidal silica)拋光至0.05 矽，在乙烯、乙二醇及水之硝酸溶液中進行浸蝕大約12秒。

## 拉伸及抗壓試驗

抗拉性質係依據ASTM E8於空氣中在20、100、150及177°C下，使用Instron試驗機量測，在試驗之前，樣品先在量測溫度下保持10分鐘，測試片係一矩形截面(6mm×3mm)，其標點距離27mm(請參考圖2a)，抗壓降伏強度係依據ASTM E9在相同溫度下，使用圓柱形樣品直徑15mm長30mm來測定，該合金之彈性模數係在常溫及高溫下使用壓電超音波複合震盪技術(PUCOT)來測定(Robinson, WH and Edgar A, IEEE Transactions on Sonics and Ultrasonics, SU-21(2), 1974, 98-105)。

## 潛變試驗

潛變行為在溫度150°C及177°C及應力46、60、75及





## 五、發明說明 (15)

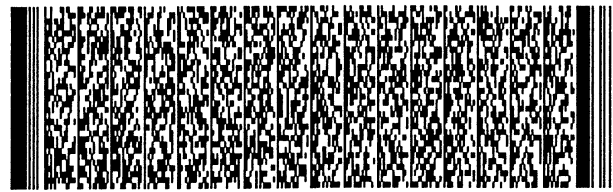
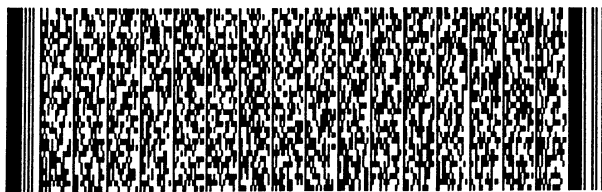
90MPa下，於溫度控制之矽氧樹脂油浴(silicon oil baths)中定負載機上測定，測試樣品與抗拉試驗所用之樣品之幾何形狀相同，潛變中之伸長直接由樣品之標點距離量測。

## 疲勞試驗

在 $10^6$ 及 $10^7$ 週次之疲勞強度於 $24^\circ\text{C}$ 及 $120^\circ\text{C}$ 下之空氣中測定，試片為圓形截面，其直徑為5mm，其標點距離為10mm(請參考圖2b)，其表面拋光加工至1 $\mu$ ，大約相當於一引擎塊之最高應力部位(主軸承)之表面光製，該試片賦予一軸向完全相反之拉伸-壓縮負載(即平均應力為零)，其試驗頻率為60Hz，相當於正常使用條件。在一給定之壽命，評估疲勞強度包括幾個步驟，這裡使用階梯法(staircase method)(BS 3518 Part 5)。

## 螺栓負載保持(bolt load retention)試驗

螺栓負載保持試驗可用於模擬鬆弛，鬆弛會發生在一壓縮負載作用下，試驗方法(Pettersen K and Fairchild S, SAE Technical Paper 970326)係作用一初始負載(此處為8KN)於一組件，該組件包括兩個相同的圓形突出物(其厚度為15mm，外徑為16mm，其係由試驗材料製成)、以及一個高強度M8螺栓，以應變計進行量測(請參考圖3)，在 $150^\circ\text{C}$ 及 $177^\circ\text{C}$ 之高溫下，連續量測100小時以上之負載變化。界定螺栓負載保持行為的兩個重要負載是：在環境



## 五、發明說明 (16)

溫度下之初始負載, PI, 及在測試終了回復至環境條件時之負載, PF, 這兩個值之比值  $PF/PI$  係一合金之螺栓負載保持行為之度量, 當該螺固組件被加熱至測試溫度時, 開始時常有負載增加之情形, 這是因該螺固組件之熱膨脹與該合金圓形突出物之降伏變形之組合結果。

## 熱傳導率

量測直徑 30mm、長 30mm 之樣品之熱傳導率。

## 抗腐蝕性

在室溫下使用標準浸鹽試驗法 (standard saline immersion test), 比較 SC1 與 AZ91 之抗腐蝕性, 這些試驗在一含鹽分的環境中 (3.5% 氯化鈉溶液) 進行七天以上, 並使用 1M 氫氧化鈉溶液使其 pH 值維持穩定於 11。附體試片之腐蝕產物先使用鉻酸酸洗再以乙醇沖洗去除。

## 結果與討論

## 顯微組織

一砂模鑄造合金 SC1 需要 T6 熱處理 (在控制環境中溶解熱處理、冷水或溫水淬火及稍高溫度下退火) 至完全發展其機械性質, 建議之熱處理機制是取得機械性質需求與鑄造後商業上可接受之保持時間之間的平衡。如圖 4 所示, SC1 之 T6 顯微組織由  $\alpha$  鎂相 (A) 之晶粒所構成, 該晶粒被晶粒邊界之鎂-稀土元素金屬中間相 (B) 及三相點包圍, 成群



## 五、發明說明 (17)

的桿狀沉澱物(C)出現在大部分晶粒之中央區域，金屬中間相(B)具有一近似之化學式 $Mg_{12}(La_{0.43}Ce_{0.57})$ 。

## 抗拉及抗壓強度

圖5a顯示溫度函數之抗拉性質(0.2%安全強度及極限抗拉強度)及抗壓降伏強度，圖5b顯示溫度函數之拉伸伸長率，要注意之重要事情是SC1之機械性質在高溫下非常穩定，室溫至177°C之間之拉伸及抗壓安全強度並無相對變化，SC1之室溫機械性質與大部分之其他鎂砂模鑄造合金一樣好，並無差異，但其這些性質可穩定維持至177°C，使其於引擎塊之應用更具吸引力。

彈性模數測定結果如表四所示，要注意的是其彈性模數在177°C比在室溫低10%以下。

## 潛變與螺栓負載保持行為

SC1之顯微組織在室溫與177°C之間極為穩定，其具有晶粒邊界金屬中間相之形態與分佈，這是一個達到所需之抗潛變之重要因素，使用潛變應力作為抗潛變之度量是一種獨斷的方法，但是其仍然是一種用以比較合金行為之有用方法，其中潛變應力係在一溫度下負載100小時後產生0.1%之潛變應變之應力。使用這種觀念，比較SC1與A319之行為(詳圖6)，在150~177°C之溫度範圍內，很明顯地這兩種合金之潛變反應非常類似，然而，更重要的是在150°C及177°C之溫度下負載100小時後，SC1欲產生0.1%之



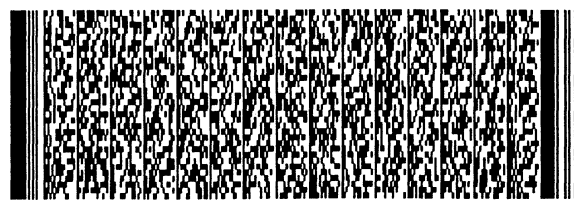
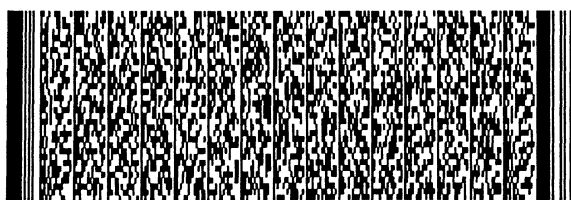
## 五、發明說明 (18)

潛變應變之應力接近於該材料之抗拉降伏強度(0.2% offset)。

在溫度150℃及負載8KN下，SC1、A319及AE42之典型的螺栓負載保持曲線如圖7a所示，其中SC1係以T6熱處理，A319係砂模鑄造，AE42係高壓鑄造，這三種合金均在其正常操作條件，測試開始時，負載增加之情形係因該螺固組件之熱膨脹與該合金圓形突出物之降伏變形之合成結果，兩個重要負載為：在環境溫度下之初始負載，PI(此處為8KN)，及在測試終了回復至環境條件時之負載，PF，這兩個值之比值作為一合金之螺栓負載保持行為之度量，其被用於比較在150℃及177℃溫度下SC1及壓鑄件AE42(詳圖7b)，在高溫下之螺栓負載保持行為再度反映這合金之高溫穩定性，且很清楚地SC1與鋁合金A319同樣好，且比AE42更佳。

## 疲勞性質

引擎塊在運轉期間連續受週期性應力作用，因此需確保引擎塊之材料能抵抗這種疲勞負載，SC1之疲勞強度在 $10^6$ 及 $10^7$ 週次於24℃及120℃下被測定，表六中之數據是破裂機率為50%之應力，其上、下限表示破裂機率為90%及10%之應力，要注意的是：這些結果在設計準則中是指其在 $10^7$ 週次之最大值而不是 $5 \times 10^7$ 週次，然而，對合金而言，這種強度是足夠高而被認為符合目標。



## 五、發明說明 (19)

## 腐蝕

合金的內部及外部腐蝕行為相當重要，內表面之腐蝕可利用一種適當的引擎冷卻劑配合小心的設計來控制，以確保與該冷卻劑接觸的所有金屬零件均能互相匹配，外表面之抗蝕性與合金本身之組成有很大的關係。沒有任何試驗能在所有環境中測定合金之抗蝕性，因此，使用標準浸鹽試驗法，比較SC1與AZ91之抗腐蝕性，這兩種合金均以T6熱處理，在測試期間，SC1之平均重量損失率為0.846 mg/cm<sup>2</sup>/day，而AZ91則為0.443 mg/cm<sup>2</sup>/day。

## 熱傳導率

SC1之熱傳導率為102 W/mK，略低於設計準則原始指定值，然而，藉由這可用的資訊，修正引擎塊之設計以符合這熱傳導值是毫無困難的。

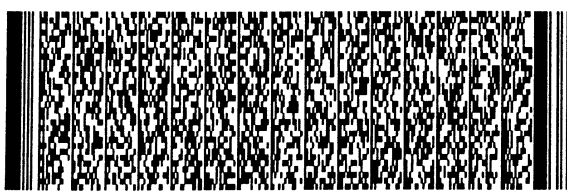
## 結論

SC1能符合以下規格：

- 在室溫下120 MPa及177 °C下110 MPa之0.2%安全強度。
- 在150 °C及177 °C下，其抗潛變可與A319媲美。
- 在室溫下，其疲勞限度超過50 MPa。

SC1優越之高溫機械性質及預估成本有效之結合使其成為引擎塊材料之商業可行之選擇。

本發明下列之申請專利範圍及前述說明，除上下文需要之外，在其他地方，因表示語言或必然之含意，這個字



## 五、發明說明 (20)

"包括"或其變形如"包含"係指包含一切之意涵，亦即具體指明所述特徵之存在但不排除本發明各實施例更進一步特徵之存在或附加。

要清楚了解的是：於此雖然提及已發表之先前技術文獻，但在澳大利亞或任何其他國家，並不承認任任一這些文獻形成這個領域之一般知識的一部份。



## 圖式簡單說明

圖1 顯示一具有階梯厚度由5~25mm的階梯狀平板鑄模而形成的鑄件。

圖2a 顯示一矩形截面之測試片；

圖2b 顯示一圓形截面之測試片；

圖3 顯示螺栓負載保持試驗方法；

圖4 顯示SC1之顯微組織。

圖5a 顯示溫度函數之抗拉及抗壓降伏強度；

圖5b 顯示溫度函數之拉伸伸長率；

圖6 比較SC1與A319之潛變行為；

圖7a 顯示在溫度150℃及負載8KN下，SC1、A319及AE42之典型的螺栓負載保持曲線；及

圖7b 比較在150℃及177℃溫度下SC1、鋁合金A319及壓鑄件AE42之螺栓負載保持行為。

## 【表】

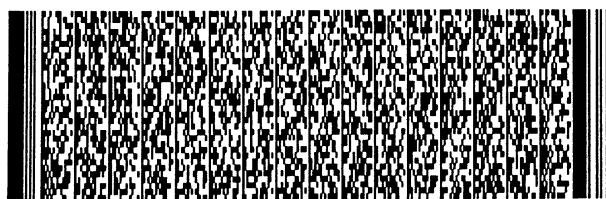
表一 組成估算

表二 T6熱處理評估

表三 各組成之穩態潛變率

表四 利用PUCOT技術測定之SC1的彈性模數

表五 在二種溫度下SC1的疲勞強度(R=-1)



表一 組成估算

組成編號	鋅重量%	釹重量%	除釹之外之稀土元素重量%	鋁重量%	總稀土元素重量%
比對組成 A	0.42	1.40	1.33	0.47	2.73
比對組成 B	0.85	2.04	1.13	0.503	3.17
比對組成 C	0.88	1.68	0.82	0.519	2.50
發明組成 1	0.41	1.63	0.8	0.495	2.43
發明組成 2	0.67	1.64	0.81	0.459	2.45
發明組成 3	0.55	1.70	0.94	0.55	2.64

表二 T6 熱處理評估

熱處理編號	溶化處理	淬火型式	時效
0	525°C 8 小時	80°C 水	215°C 16 小時
1	525°C 8 小時	80°C 水	215°C 4 小時
2	525°C 4 小時	80°C 水	215°C 150 分鐘
3	525°C 8 小時	80°C 水+水淬	215°C 4 小時
4	525°C 8 小時	空氣	215°C 4 小時
5	525°C 8 小時	80°C 水+水淬	215°C 8 小時
6	525°C 8 小時	80°C 水+水淬	215°C 150 分鐘
7	525°C 4 小時	80°C 水+水淬	215°C 4 小時



表三 各組成之穩態潛變率

	穩態潛變率( $s^{-1}$ )	
	90MPa 150°C	90MPa 177°C
比對組成 A	$7.05 \times 10^{-11}$	$3.6 \times 10^{-10}$
比對組成 B	$2.66 \times 10^{-11}$	$1.67 \times 10^{-10}$
比對組成 C	$4.07 \times 10^{-11}$	$2.5 \times 10^{-10}$
發明組成 1	$5.56 \times 10^{-11}$	$5.31 \times 10^{-10}$
發明組成 2	$2.59 \times 10^{-11}$	$3.6 \times 10^{-10}$
發明組成 3	$2.80 \times 10^{-11}$	$1.40 \times 10^{-10}$

表四 利用 PUCOT 技術測定之 SC1 的彈性模數

楊氏彈性模數(GPa)		
25°C	100°C	177°C
45.8±0.3	43.9±0.3	41.9±0.3

表五 在二種溫度下 SC1 的疲勞強度(R=-1)

溫度	疲勞強度(MPa)	
	$10^6$ 週	$10^7$ 週
24°C	~80	75±18
120°C	74±9	71±7

~表示只有測試 12 個樣品，而非標準要求的 15 個樣品。

## 四、中文發明摘要 (發明名稱：抗潛變之鎂合金)

一種鎂基合金，其係由下列所組成(重量百分比)：

釹1.4~1.9%；

除釹之外之稀土元素 0.8~1.2%；

鋅0.4~0.7%；

鋁0.3~1%；

錳0~0.3%；及

氧化抑制元素 0~0.1%；

其餘部分為鎂(雜質除外)。

五、(一)、本案代表圖為：第\_\_\_\_\_圖

(二)、本案代表圖之元件代表符號簡單說明：

## 陸、英文發明摘要 (發明名稱：CREEP RESISTANT MAGNESIUM ALLOY)

A magnesium based alloy consists of, by weight:



四、中文發明摘要 (發明名稱：抗潛變之鎂合金)

陸、英文發明摘要 (發明名稱：CREEP RESISTANT MAGNESIUM ALLOY)



## 六、申請專利範圍

1. 一種鎂基合金，其係由下列所組成(重量百分比)：

釹1.4~1.9%；

除釹之外之稀土元素 0.8~1.2%；

鋅0.4~0.7%；

鋁0.3~1%；

錳0~0.3%；及

氧化抑制元素 0~0.1%；

其餘部分為鎂(雜質除外)。

2. 一種鎂合金，其係由下列所組成(重量百分比)：

釹1.4~1.9%；

除釹之外之稀土元素0.8~1.2%；

鋅0.4~0.7%；

鋁0.3~1%；

錳0~0.3%；

氧化抑制元素0~0.1%；

鈦 <0.15%；

鉛 <0.15%；

鋁 <0.1%；

銅 <0.1%；

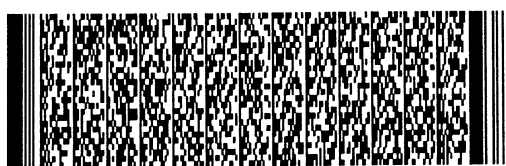
鎳 <0.1%；

矽 <0.1%；

銀 <0.1%；

鈮 <0.1%；

鈦 <0.1%；



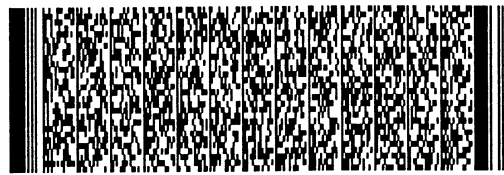
## 六、申請專利範圍

鐵  $< 0.01\%$  ；

鋁  $< 0.005\%$  ；

其餘部分為鎂(雜質除外)。

3. 如申請專利範圍第1項或第2項所述之合金，其中鎂含量為95.5~97重量%。
4. 如申請專利範圍第1項或第2項所述之合金，其中釹含量為1.6~1.8重量%。
5. 如申請專利範圍第1項或第2項所述之合金，其中除釹之外之稀土元素含量為0.9~1.1重量%。
6. 如申請專利範圍第1項或第2項所述之合金，其包含除釹之外之複數種稀土元素，其中鈾佔除釹之外之稀土元素重量之一半以上。
7. 如申請專利範圍第1項或第2項所述之合金，其中鋁含量大於0.4重量%。
8. 如申請專利範圍第1項或第2項所述之合金，其中鋅含量為0.4~0.6重量%。
9. 一種鎂基合金，其具有一包括鎂基固溶體之等軸晶粒且晶粒邊界被一大致連續之晶粒中間相隔開的顯微組織，該晶粒包含均勻分布的奈米尺度之片狀沉澱物沉澱在不只一個習慣晶面上，該習慣晶面含有鎂及釹，晶粒中間相幾乎完全由稀土元素、鎂及少量的鋅所組成，該稀土元素大致上是鈾及/或鐳。
10. 一種製造鎂合金物品的方法，其包括T6熱處理，該物品係依據申請專利範圍第1項至第9項之任一項所述之合金



## 六、申請專利範圍

所鑄造。

11. 一種製造鎂合金物品的方法，其包括以下步驟：

(a) 在模中將依據申請專利範圍第1項至第9項之任一項所述之合金鑄件固化；

(b) 將固化鑄件加熱至 $500 \sim 550^{\circ}\text{C}$ 維持第一段時間；

(c) 將鑄件淬火；及

(d) 在 $200 \sim 230^{\circ}\text{C}$ 進行時效處理該鑄件維持第二段時間。

12. 一種製造鎂合金鑄件的方法，其包括以下步驟：

(a) 將依據申請專利範圍第1項至第9項之任一項所述之合金熔化形成一熔化合金；

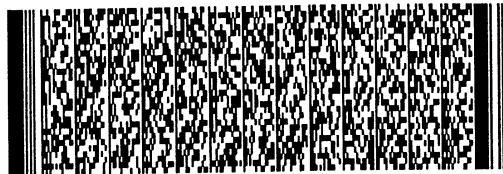
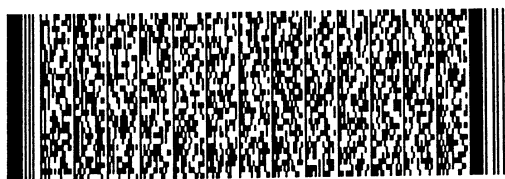
(b) 將該熔化合金引入一砂模或金屬模中使該熔化合金固化；

(c) 從模中取出最後的固化鑄件；及

(d) 該鑄件在第一段溫度範圍內維持第一段時間，在這段時間內該鑄件一部份的晶粒中間相被熔解，隨後該鑄件在第二段溫度範圍內(比第一段溫度範圍為低)維持第二段時間，在這段時間內奈米尺度之片狀沉澱物沉積在該鑄件的晶粒內及晶粒邊界上。

13. 如申請專利範圍第12項所述之方法，其中該第一段溫度範圍為 $500 \sim 550^{\circ}\text{C}$ ，該第二段溫度範圍為 $200 \sim 230^{\circ}\text{C}$ ，該第一段時間為 $6 \sim 24$ 小時，該第二段時間為 $3 \sim 24$ 小時。

14. 一種內燃機引擎塊，其係依據申請專利範圍第10項至第13項之任一項所述之方法所製造者。



六、申請專利範圍

15. 一種內燃機引擎塊，其係依據申請專利範圍第1項至第9項之任一項所述之鎂合金所形成者。



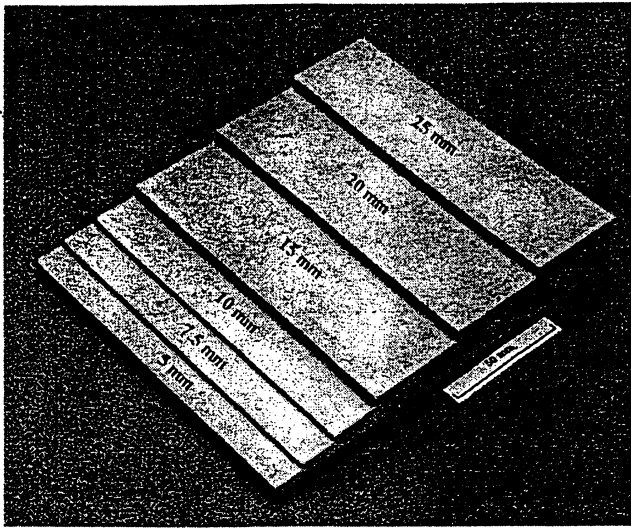


圖 1

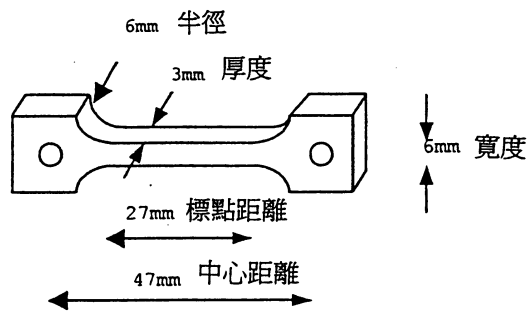


圖 2 (a)

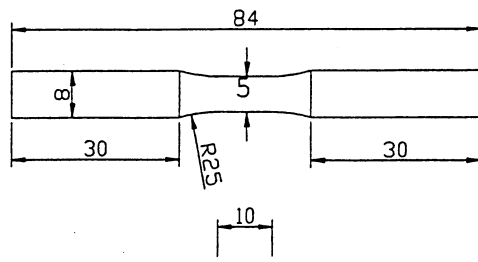


圖 2 (b)



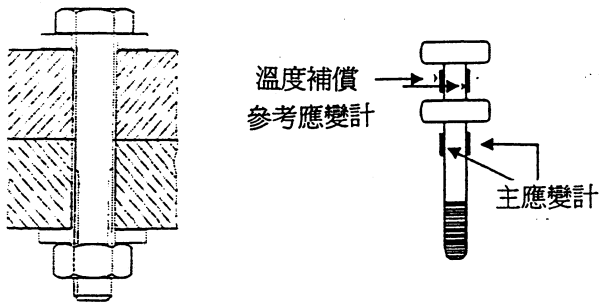


圖 3

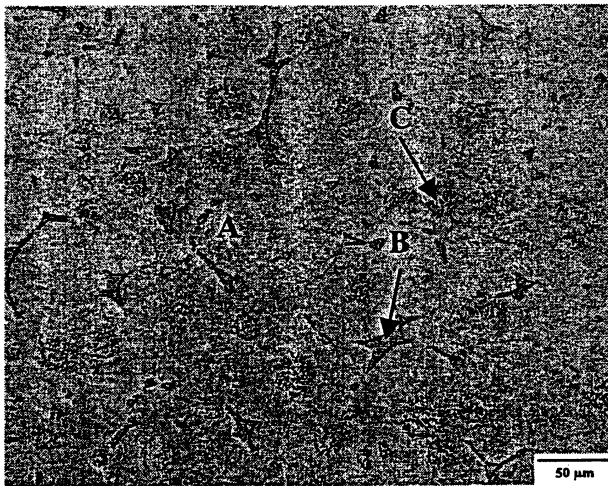
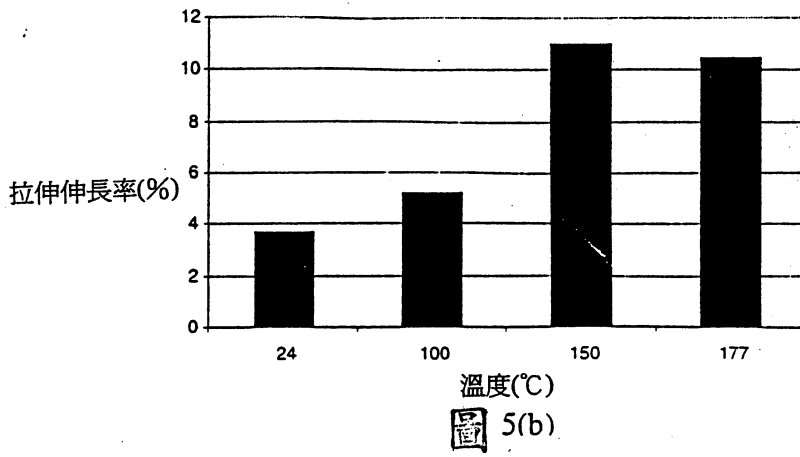
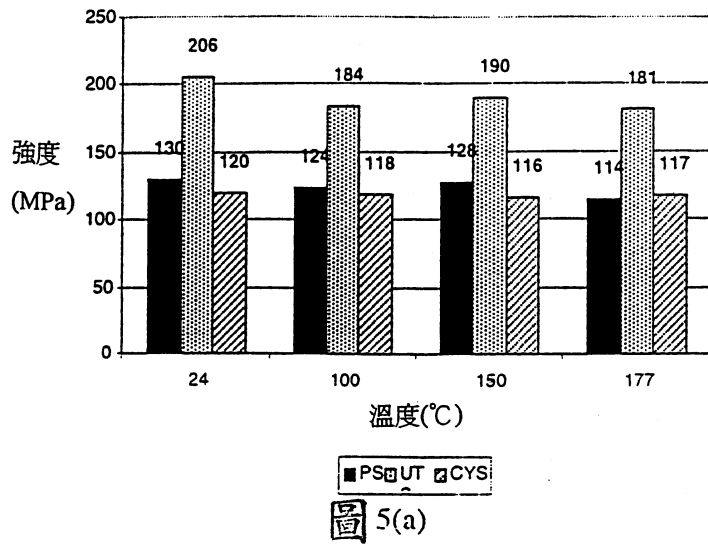


圖 4



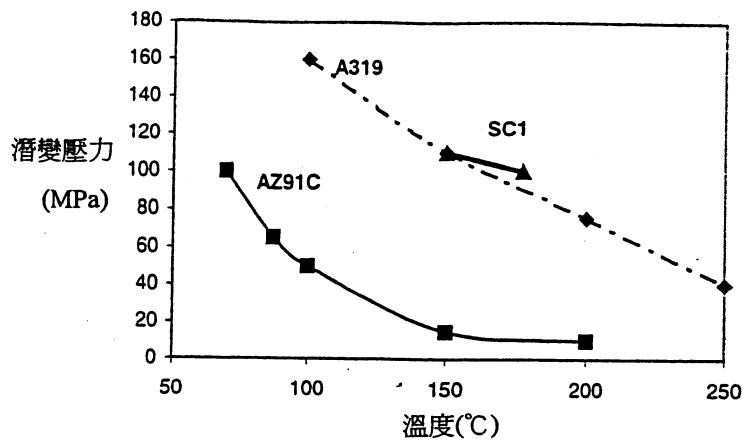


圖 6

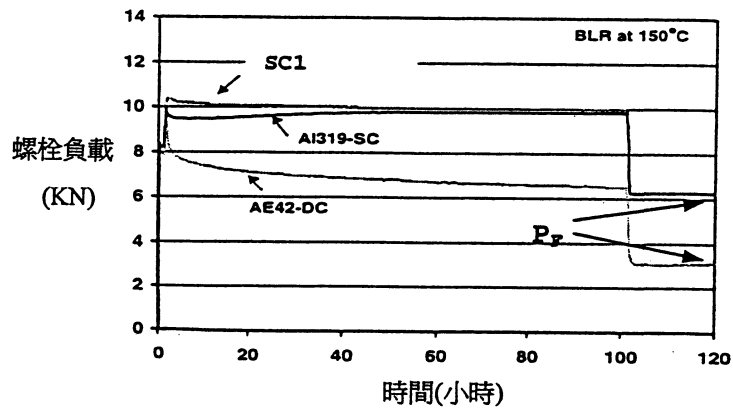


圖 7 (a)

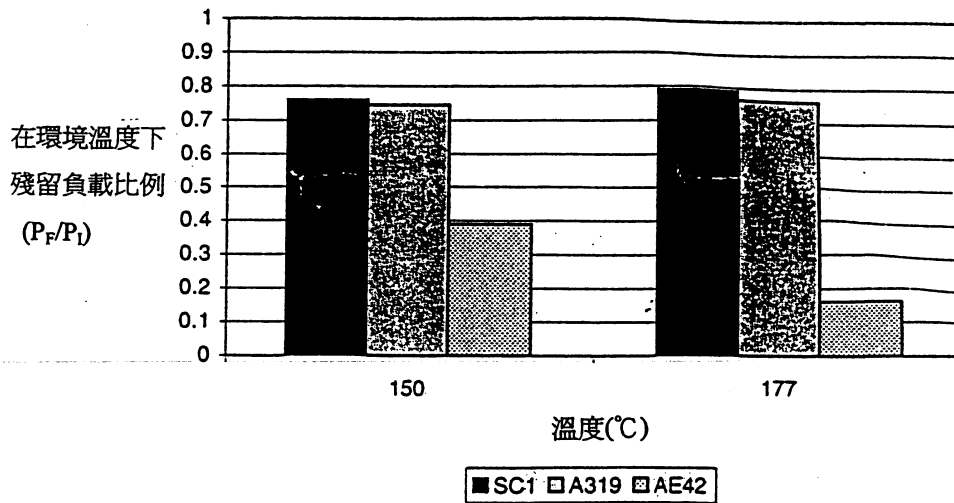


圖 7 (b)

## 四、中文發明摘要 (發明名稱：抗潛變之鎂合金)

一種鎂基合金，其係由下列所組成(重量百分比)：

釹1.4~1.9%；

除釹之外之稀土元素 0.8~1.2%；

鋅0.4~0.7%；

鋯0.3~1%；

錳0~0.3%；及

氧化抑制元素 0~0.1%；

其餘部分為鎂(雜質除外)。

五、(一)、本案代表圖為：第\_\_\_\_\_圖

(二)、本案代表圖之元件代表符號簡單說明：

## 六、英文發明摘要 (發明名稱：CREEP RESISTANT MAGNESIUM ALLOY)

A magnesium based alloy consists of, by weight:

1.4 - 1.9% neodymium,

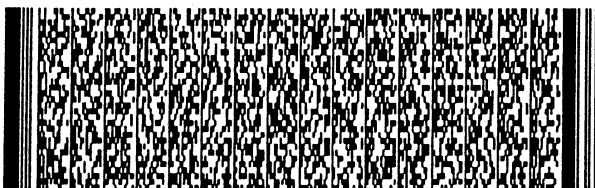
0.8 - 1.2% rare earth element(s) other than neodymium,

0.4 - 0.7% zinc,

0.3 - 1% zirconium,

0 - 0.3% manganese, and

0 - 0.1% oxidation inhibiting element(s)



四、中文發明摘要 (發明名稱：抗潛變之鎂合金)

六、英文發明摘要 (發明名稱：CREEP RESISTANT MAGNESIUM ALLOY)

the remainder being magnesium except for incidental impurities.

