

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5565617号  
(P5565617)

(45) 発行日 平成26年8月6日(2014.8.6)

(24) 登録日 平成26年6月27日(2014.6.27)

(51) Int. Cl.	F I
C 2 2 F 1/06 (2006.01)	C 2 2 F 1/06
C 2 2 C 23/06 (2006.01)	C 2 2 C 23/06
C 2 2 F 1/00 (2006.01)	C 2 2 F 1/00 6 1 2
	C 2 2 F 1/00 6 2 3
	C 2 2 F 1/00 6 2 4
	請求項の数 8 (全 16 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2010-84525 (P2010-84525)  
 (22) 出願日 平成22年3月31日(2010.3.31)  
 (65) 公開番号 特開2011-214103 (P2011-214103A)  
 (43) 公開日 平成23年10月27日(2011.10.27)  
 審査請求日 平成25年2月6日(2013.2.6)

(出願人による申告)平成21年度、独立行政法人科学技術振興機構、熊本県地域結集型研究開発プログラム、産業技術力強化法第19条の適用を受ける特許出願

(73) 特許権者 504159235  
 国立大学法人 熊本大学  
 熊本県熊本市中央区黒髪二丁目39番1号

(73) 特許権者 801000050  
 公益財団法人くまもと産業支援財団  
 熊本県上益城郡益城町大字田原2081番地10

(74) 代理人 100110858  
 弁理士 柳瀬 睦肇

(74) 代理人 100114627  
 弁理士 有吉 修一朗

(72) 発明者 河村 能人  
 熊本県熊本市黒髪2丁目39番1号 国立大学法人熊本大学内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 マグネシウム合金材の製造方法及びマグネシウム合金材

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

長周期積層構造相と Mg 相とを有する鋳造材を形成する鋳造工程と、  
 前記鋳造材に塑性加工を行う第1の塑性加工工程と、  
 該第1の塑性加工工程により塑性加工を施した前記鋳造材に熱処理を施すことにより、  
前記長周期積層構造をプレート状にする熱処理工程と、  
該熱処理を施した前記鋳造材に押出加工若しくは圧延加工を行うことにより、前記長周期積層構造相にキンク帯を導入する第2の塑性加工工程とを備える  
 マグネシウム合金材の製造方法。

【請求項2】

必須成分として Zn、Cu、Ni 若しくは Co から選択される元素(TM)と希土類元素(RE)を含有し、残部が Mg と不可避的不純物からなる Mg - TM - RE 系合金を鋳造して、長周期積層構造相と Mg 相とを有する鋳造材を形成する鋳造工程と、  
 前記鋳造材に塑性加工を行う第1の塑性加工工程と、  
 該第1の塑性加工工程により塑性加工を施した前記鋳造材に熱処理を施すことにより、  
前記長周期積層構造をプレート状にする熱処理工程と、  
該熱処理を施した前記鋳造材に押出加工若しくは圧延加工を行うことにより、前記長周期積層構造相にキンク帯を導入する第2の塑性加工工程とを備える  
 マグネシウム合金材の製造方法。

【請求項3】

必須成分としてZnと希土類元素(RE)を含有し、残部がMgと不可避的不純物からなるMg-Zn-RE系合金を鑄造して、長周期積層構造相とMg相とを有する鑄造材を形成する鑄造工程と、

前記鑄造材に塑性加工を行う第1の塑性加工工程と、

該第1の塑性加工工程により塑性加工を施した前記鑄造材に熱処理を施すことにより、前記長周期積層構造をプレート状にする熱処理工程と、

該熱処理を施した前記鑄造材に押出加工若しくは圧延加工を行うことにより、前記長周期積層構造相にキンク帯を導入する第2の塑性加工工程とを備える

マグネシウム合金材の製造方法。

【請求項4】

少なくとも一部の組織が熱処理により板状とされた長周期積層構造相と、

前記板状とされた長周期積層構造相に押出加工若しくは圧延加工により導入されたキンク帯と、

少なくとも一部が前記長周期積層構造相とラメラ状に存在するMg相とを備える

マグネシウム合金材。

【請求項5】

前記長周期積層構造相内若しくは前記Mg相内の少なくとも一方に金属間化合物を有している

請求項4に記載のマグネシウム合金材。

【請求項6】

必須成分としてZn、Cu、Ni若しくはCoから選択される元素(TM)と希土類元素(RE)を含有し、残部がMgと不可避的不純物からなるMg-TM-RE系合金から構成されるマグネシウム合金材であって、

Mg-TM-RE系合金の合金組織中に、少なくとも一部の組織が熱処理により板状とされた長周期積層構造相と、前記板状とされた長周期積層構造相に押出加工若しくは圧延加工により導入されたキンク帯と、少なくとも一部が前記長周期積層構造相とラメラ状に存在するMg相とを備える

マグネシウム合金材。

【請求項7】

必須成分としてZnと希土類元素(RE)を含有し、残部がMgと不可避的不純物からなるMg-Zn-RE系合金から構成されるマグネシウム合金材であって、

Mg-Zn-RE系合金の合金組織中に、少なくとも一部の組織が熱処理により板状とされた長周期積層構造相と、前記板状とされた長周期積層構造相に押出加工若しくは圧延加工により導入されたキンク帯と、少なくとも一部が前記長周期積層構造相とラメラ状に存在するMg相とを備える

マグネシウム合金材。

【請求項8】

前記長周期積層構造相内若しくは前記Mg相内の少なくとも一方に、Mg、Zn及びREから構成される金属間化合物を有している

請求項7に記載のマグネシウム合金材。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明はマグネシウム合金材の製造方法及びマグネシウム合金材に関する。詳しくは、高強度であると共に高延性であるマグネシウム合金材の製造方法及び高強度であると共に高延性を実現することができるマグネシウム合金材に係るものである。

【背景技術】

【0002】

一般に、マグネシウム合金は、実用化されている合金の中で最も密度が低く軽量で強度も高いため、電気製品の筐体や、自動車のホイール、足回り部品、エンジン周り部品等へ

10

20

30

40

50

の適用が進められている。

特に、自動車に関連する用途の部品においては、高い機械的特性が要求されるため、GdやZn等の元素を添加したマグネシウム合金として、片ロール法、急速凝固法により特定の形態の材料を製造することが行われている（例えば、特許文献1、特許文献2参照）。

【0003】

しかし、上記したマグネシウム合金は、特定の製造方法においては高い機械的特性が得られるものの、特定の製造方法を実現するためには特殊な設備が必要であり、しかも、生産性が低いといった問題があり、更には、適用できる部材も限られるといった問題があった。

10

【0004】

そこで、従来、マグネシウム合金を製造する場合、上記した特許文献1及び特許文献2に記載の様な特殊な設備あるいはプロセスを用いずに、生産性の高い通常の溶解鑄造から塑性加工（押出）を実施しても、実用上有用な機械的特性が得られる技術が提案されている（例えば、特許文献3参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開平6-41701号公報

【特許文献2】特開2002-256370号公報

20

【特許文献3】特開2006-97037号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

ここで、特許文献3に開示されている長周期積層構造相（以下、「LPSO；Long Period Stacking Order」相と称する）を有するマグネシウム合金については、引張強度と延性のバランスに優れているものの、より一層優れた引張強度と良好な延性が求められていた。

【0007】

本発明は以上の点に鑑みて創案されたものであって、優れた引張強度と良好な延性を実現するマグネシウム合金材の製造方法及び優れた引張強度と良好な延性を實現するマグネシウム合金材を提供することを目的とするものである。

30

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記の目的を達成するために、本発明のマグネシウム合金材の製造方法は、長周期積層構造相とMg相とを有する鑄造材を形成する鑄造工程と、前記鑄造材に塑性加工を行う第1の塑性加工工程と、該第1の塑性加工工程により塑性加工を施した前記鑄造材に熱処理を施す熱処理工程と、該熱処理を施した前記鑄造材に塑性加工を行う第2の塑性加工工程とを備える。

【0009】

40

また、本発明のマグネシウム合金材の製造方法は、必須成分としてZnと希土類元素（RE）を含有し、残部がMgと不可避的不純物からなるMg-Zn-RE系合金を鑄造して、長周期積層構造相とMg相とを有する鑄造材を形成する鑄造工程と、前記鑄造材に塑性加工を行う第1の塑性加工工程と、該第1の塑性加工工程により塑性加工を施した前記鑄造材に熱処理を施す熱処理工程と、該熱処理を施した前記鑄造材に塑性加工を行う第2の塑性加工工程とを備える。

【0010】

更に、本発明のマグネシウム合金材の製造方法は、必須成分としてZn、Cu、Ni若しくはCoから選択される元素（TM）と希土類元素（RE）を含有し、残部がMgと不可避的不純物からなるMg-TM-RE系合金を鑄造して、長周期積層構造相とMg相

50

とを有する鑄造材を形成する鑄造工程と、前記鑄造材に塑性加工を行う第1の塑性加工工程と、該第1の塑性加工工程により塑性加工を施した前記鑄造材に熱処理を施す熱処理工程と、該熱処理を施した前記鑄造材に塑性加工を行う第2の塑性加工工程とを備える。

【0011】

ここで、第1の塑性加工工程により塑性加工を施した鑄造材に熱処理を施す熱処理工程によって、LPSO相を板状に形態変化せしめることができる。

そして、熱処理後に塑性加工を行う第2の塑性加工工程によって、板状のLPSO相にキंक帯を導入することができ、優れた引張強度を実現することができる。なお、LPSO相が板状であるために良好な延性をも実現することとなる。

【0012】

ところで、熱処理工程及び第2の塑性加工工程を経ることによって、LPSO相の少なくとも一部がMg相とラメラ状に存在すると共に、ラメラ状に存在する組織の少なくとも一部が湾曲または屈曲しており、LPSO相の少なくとも一部が板状である組織を得ることができる。そして、こうした組織に起因して優れた引張強度と良好な延性が実現することとなる。

【0013】

なお、圧延加工を施すことによってMg相の少なくとも一部若しくは板状(プレート状)のLPSO相とMg相とのラメラ状組織の少なくとも一部がせん断変形することとなる。そして、せん断変形することでLPSO相とMg相とのラメラ状組織の少なくとも一部が湾曲や屈曲し、こうした湾曲や屈曲した組織は優れた引張強度を実現するための一

【0014】

また、上記の目的を達成するために、本発明のマグネシウム合金材は、少なくとも一部の組織が熱処理により板状とされた長周期積層構造相と、少なくとも一部が前記長周期積層構造相とラメラ状に存在するMg相とを備える。

【0015】

また、本発明のマグネシウム合金材は、必須成分としてZnと希土類元素(RE)を含有し、残部がMgと不可避的不純物からなるMg-Zn-RE系合金から構成されるマグネシウム合金材であって、Mg-Zn-RE系合金の合金組織中に、少なくとも一部の組織が熱処理により板状とされた長周期積層構造相と、少なくとも一部が前記長周期積層構造相とラメラ状に存在するMg相とを備える。

【0016】

更に、本発明のマグネシウム合金材は、必須成分としてZn、Cu、Ni若しくはCoから選択される元素(TM)と希土類元素(RE)を含有し、残部がMgと不可避的不純物からなるMg-TM-RE系合金から構成されるマグネシウム合金材であって、Mg-TM-RE系合金の合金組織中に、少なくとも一部の組織が熱処理により板状とされた長周期積層構造相と、少なくとも一部が前記長周期積層構造相とラメラ状に存在するMg相とを備える。

【0017】

ここで、LPSO相の少なくとも一部の組織が熱処理により板状とされたことによってその後の塑性加工によってLPSO相にキंक帯が導入し易く、優れた引張強度を実現することができる。また、LPSO相が板状であるために良好な延性をも実現することとなる。なお、LPSO相内やMg相内に、金属間化合物(例えば、 $Mg_3Zn_3Y_2$ )を有していても良い。

【0018】

ところで、本発明のマグネシウム合金材は塑性加工によって、LPSO相の少なくとも一部がMg相とラメラ状に存在すると共に、ラメラ状に存在する組織の少なくとも一部が湾曲または屈曲しており、LPSO相の少なくとも一部が板状である組織を得ることができる。そして、こうした組織に起因して優れた引張強度と良好な延性が実現することとなる。

10

20

30

40

50

## 【発明の効果】

## 【0019】

本発明のマグネシウム合金材の製造方法では、優れた引張強度と良好な延性を実現可能なマグネシウム合金材を得ることができる。また、本発明のマグネシウム合金材は、塑性加工を施すことによって優れた引張強度と良好な延性を実現することができる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0020】

【図1】本発明のマグネシウム合金材の製造方法の一例を説明するためのフローチャートである。

【図2】金属間化合物  $Mg_3Zn_3Y_2$  を説明するための顕微鏡写真である。

10

【図3(a)】熱処理を施した塑性加工物の結晶組織を示す顕微鏡写真(1)である。

【図3(b)】熱処理を施した塑性加工物の結晶組織を示す顕微鏡写真(2)である。

【図3(c)】熱処理を施した塑性加工物の結晶組織を示す顕微鏡写真(3)である。

【図4A】第1の実施の形態で得られるマグネシウム合金材の結晶組織を示す顕微鏡写真(1)である。

【図4B】第1の実施の形態で得られるマグネシウム合金材の結晶組織を示す顕微鏡写真(2)である。

【図5A】鑄造工程S1及び塑性加工工程S2のみを施したマグネシウム合金材の結晶組織を示す顕微鏡写真(1)である。

【図5B】鑄造工程S1及び塑性加工工程S2のみを施したマグネシウム合金材の結晶組織を示す顕微鏡写真(2)である。

20

【図6A】マグネシウム合金材についての結晶方位マップと正極点図である。

【図6B】マグネシウム合金材の結晶配向マップである。

【図7】本発明を適用したマグネシウム合金材の成形性を説明するためのグラフである。

【図8】本発明のマグネシウム合金材の製造方法の他の一例を説明するためのフローチャートである。

【図9A(a)】第2の実施の形態で得られるマグネシウム合金材の結晶組織を示す顕微鏡写真(1)である。

【図9A(b)】第2の実施の形態で得られるマグネシウム合金材の結晶組織を示す顕微鏡写真(2)である。

30

【図9A(c)】第2の実施の形態で得られるマグネシウム合金材の結晶組織を示す顕微鏡写真(3)である。

【図9B】第2の実施の形態で得られるマグネシウム合金材の結晶組織を示す顕微鏡写真(4)である。

【図10A】熱処理工程を施していない塑性加工物に対して圧延加工S4を施したマグネシウム合金材の結晶組織を示す顕微鏡写真(1)である。

【図10B(a)】熱処理工程を施していない塑性加工物に対して圧延加工S4を施したマグネシウム合金材の結晶組織を示す顕微鏡写真(2)である。

【図10B(b)】熱処理工程を施していない塑性加工物に対して圧延加工S4を施したマグネシウム合金材の結晶組織を示す顕微鏡写真(3)である。

40

【図10B(c)】熱処理工程を施していない塑性加工物に対して圧延加工S4を施したマグネシウム合金材の結晶組織を示す顕微鏡写真(4)である。

## 【発明を実施するための形態】

## 【0021】

以下、本発明を実施するための形態(以下、「実施の形態」と称する)について説明する。なお、以下では  $Mg_{96}Zn_2Y_2$  合金の製造方法を例に挙げて説明を行い、説明は以下の順序で行う。

1. 第1の実施の形態(押出加工の場合)
2. 第2の実施の形態(圧延加工の場合)
3. 変形例

50

## 【 0 0 2 2 】

< 1 . 第 1 の実施の形態 >

図 1 は本発明のマグネシウム合金材の製造方法の一例を説明するためのフローチャートである。図 1 で示す様に、本発明のマグネシウム合金材の製造方法の一例では、先ず、鑄造工程 S 1 により鑄造を行う。ここで、鑄造工程 S 1 では、Z n と Y を含有し、残部が M g と不可避的不純物とからなる M g - Z n - Y 系合金を鑄造して、L P S O 相と M g 相とを含む鑄造材を形成する。

## 【 0 0 2 3 】

ここで、L P S O 相とは、マグネシウム合金の粒内及び粒界に析出する析出物であって、H C P 構造における底面原子層の並びが底面法線方向に長周期規則をもって繰り返される構造相、即ち、長周期積層構造相をいう。この L P S O 相の析出によって、マグネシウム合金材の機械的特性（引張強度、0 . 2 % 耐力及び伸び）が向上することとなる。

10

## 【 0 0 2 4 】

ところで、M g <sub>96</sub> Z n <sub>2</sub> Y <sub>2</sub> 合金を鑄造した場合には、鑄造時点で 0 . 5 μ m ~ 2 . 0 μ m 程度の金属間化合物 M g <sub>3</sub> Z n <sub>3</sub> Y <sub>2</sub> を形成していることが分かった。なお、図 2 ( a ) は M g <sub>96</sub> Z n <sub>2</sub> Y <sub>2</sub> 合金の 4 0 0 、1 時間の焼きなまし材の結晶組織を示す顕微鏡写真であり、図 2 ( b ) は M g <sub>96</sub> Z n <sub>2</sub> Y <sub>2</sub> 合金の 4 5 0 、1 時間の焼きなまし材の結晶組織を示す顕微鏡写真であり、図 2 ( c ) は M g <sub>96</sub> Z n <sub>2</sub> Y <sub>2</sub> 合金の 5 0 0 、1 時間の焼きなまし材の結晶組織を示す顕微鏡写真であるが、金属間化合物 M g <sub>3</sub> Z n <sub>3</sub> Y <sub>2</sub> を形成していることが分かる。なお、図 2 ( a ) ~ 図 2 ( c ) で示す顕微鏡写真において、符号 e で示す箇所が金属間化合物 M g <sub>3</sub> Z n <sub>3</sub> Y <sub>2</sub> である。

20

## 【 0 0 2 5 】

次に、鑄造された鑄造材に塑性加工工程 S 2 を行う。この塑性加工工程 S 2 の塑性加工は、例えば、押出加工、鍛造加工、圧延加工あるいは引抜加工等であり、L P S O 相を含む鑄造材を塑性加工することによって得られる塑性加工物は、塑性加工前と比較すると、引張強度、0 . 2 % 耐力、伸びが向上することとなる。

## 【 0 0 2 6 】

続いて、塑性加工された塑性加工物に熱処理を施す熱処理工程 S 3 を行って、L P S O 相を板状（プレート状）にする。なお、L P S O 相が板状（プレート状）となるのは、L P S O 相が回復したものと考えられ、キंक帯やキंक変形が存在した箇所が焼きなましにより粒界若しくは界面となったことが理由であると考えられる。

30

## 【 0 0 2 7 】

ここで、図 3 は熱処理を施した塑性加工物の結晶組織を示す顕微鏡写真であるが、熱処理を施すことによって、L P S O 相（図 3 で白色に見えている箇所）が板状（プレート状）となっているのが分かる。なお、図 3 ( a ) は 1 5 0 倍、図 3 ( b ) は 2 5 0 0 倍、図 3 ( c ) は 3 0 0 0 倍の倍率の顕微鏡写真である。

## 【 0 0 2 8 】

その後、熱処理が施された塑性加工物に対して押出加工 S 4 を施すことによって、図 4 で示す様な、マグネシウム合金材を得ることができる。

## 【 0 0 2 9 】

なお、図 4 から明らかな様に、本発明を適用したマグネシウム合金材の製造方法の一例で得られるマグネシウム合金材は、図中符号 A で示す板状（プレート状）の L P S O 相と図中符号 B で示すブロック状の L P S O 相が混在している。また、熱処理により L P S O 相を板状（プレート状）にし、キंक帯を回復させたとしても、その後に押出加工を施すことで L P S O 相はキंक変形を有し、屈曲若しくは湾曲していることが分かる（図中符号 C 参照）。更に、L P S O 相と M g 相はラメラ状組織を呈していることが分かる。

40

## 【 0 0 3 0 】

一方、図 5 は鑄造工程 S 1 と塑性加工工程（具体的には押出加工）S 2 を施したマグネシウム合金材の結晶組織を示す顕微鏡写真であるが、図 5 から明らかな様に、板状（プレート状）の L P S O 相は明確には確認できず、また、L P S O 相と M g 相とのラメラ状

50

組織についても明確には確認できない。

【 0 0 3 1 】

ところで、図 6 A ( a ) は図 4 に示すマグネシウム合金材についての結晶方位マップと正極点図 { 1 0 - 1 0 } を示しており、図 6 A ( b ) は図 5 に示すマグネシウム合金材についての結晶方位マップと正極点図 { 1 0 - 1 0 } を示している。また、図 6 B ( a ) は図 4 に示すマグネシウム合金材の結晶配向マップを示し、図 6 B ( b ) は図 5 に示すマグネシウム合金材の配向マップを示している。なお、図 6 A 及び図 6 B については参考図としてカラー図面を提出する。

【 0 0 3 2 】

図 6 B から明らかな様に、本発明を適用したマグネシウム合金材の製造方法の一例で得られるマグネシウム合金材の結晶組織はランダム化しており、また、図 6 A から明らかな様に、本発明を適用したマグネシウム合金材の製造方法の一例で得られるマグネシウム合金材の結晶組織は集合組織を有していない。この様に、本発明を適用したマグネシウム合金材の製造方法の一例で得られるマグネシウム合金材は集合組織を有せず、熱処理後に再度押出加工（塑性加工）を施しても Mg 相は微細であり延性向上と強度向上が認められる。また、L P S O 相が板状（プレート状）とブロック状とが混在していることによっても、強度と延性向上に寄与している。

【 0 0 3 3 】

なお、L P S O 相が板状（プレート状）のみとした場合にも結晶組織はランダム化して集合組織を有しないために延性は向上するものの、Mg 相の結晶粒が粗大化すると共に L P S O 相内のキंक帯が回復することに起因して強度の低下を招いてしまう。

【 0 0 3 4 】

また、本発明を適用したマグネシウム合金材の製造方法の一例で得られるマグネシウム合金材の結晶組織は L P S O 相にキंक帯が導入されており、更に、Mg 相が微細化されたことによって強度が向上している。

【 0 0 3 5 】

即ち、本発明を適用したマグネシウム合金材の製造方法の一例で得られるマグネシウム合金材は、熱処理が施された塑性加工物に対して押出加工 S 4 を施しているために、（ 1 ） Mg 相の結晶粒の微細化と Mg 相の結晶組織のランダム化によって強度の向上と延性の向上が実現し、（ 2 ） L P S O 相にキंक帯が導入されることによって強度の向上が実現し、（ 3 ） L P S O 相が板状（プレート状）とブロック状が混在することによって延性が向上するといった効果が相まって、優れた引張強度と良好な延性を実現することとなる。

【 0 0 3 6 】

ここで、図 7 ( a ) は、上記の鑄造工程 S 1、塑性加工工程 S 2 及び熱処理工程 S 3 を施して L P S O 相を板状（プレート状）とした塑性加工物に対する、押出温度 3 0 0 での押出速度（ラム速度）と機械的特性（ 0 . 2 % 耐力、引張強度及び伸び）の関係を示すグラフである。一方、図 7 ( b ) は、鑄造工程 S 1 により形成された鑄造材に対する、押出温度 3 5 0 での押出速度（ラム速度）と機械的特性（ 0 . 2 % 耐力、引張強度及び伸び）の関係を示すグラフである。

【 0 0 3 7 】

図 7 ( a ) 及び図 7 ( b ) のグラフより、本発明を適用したマグネシウム合金材は押出加工温度を低下させることができ、押出加工温度を低下させたとしても優れた引張強度と良好な延性を実現できることが分かる。なお、大容量の押出装置を用いたり、種々の工夫を行ったりする等の特別な場合を除くと、従来の押出加工では押出温度 3 0 0 で正常な押出棒材を得ることが難しいとされていたが、本発明を適用したマグネシウム合金材は押出温度 3 0 0 であっても良好な押出棒材を得ることができ、本発明を適用したマグネシウム合金材が高い成形性を有していることを確認できた。

【 0 0 3 8 】

< 2 . 第 2 の実施の形態 >

10

20

30

40

50

図8は本発明のマグネシウム合金材の製造方法の他の一例を説明するためのフローチャートである。図8で示す様に、本発明のマグネシウム合金材の製造方法の他の一例では、上記した第1の実施の形態と同様に、鑄造工程S1、塑性加工工程S2及び熱処理工程S3を施して、塑性加工物のLP SO相を板状(プレート状)とする。

【0039】

続いて、本発明のマグネシウム合金材の製造方法の他の一例では、熱処理が施され、LP SO相が板状(プレート状)とされた塑性加工物に対して圧延加工S4を施すことによって、図9A及び図9Bで示す様な、マグネシウム合金材を得ることができる。なお、図9A及び図9B中の黒色はMg相を示し、灰色はLP SO相を示し、白色は $Mg_3Zn_3Y_2$ を示している。

10

【0040】

ここで、図9A及び図9Bから明らかな様に、本発明を適用したマグネシウム合金材の製造方法の他の一例で得られるマグネシウム合金材は、LP SO相とMg相とを有しており、LP SO相とMg相とがラメラ状に存在している。但し、全ての組織がラメラ状組織を呈しているわけではなく、例えば、図9A(c)中符号Xで示す領域においてはラメラ状組織を呈していない。

【0041】

また、ラメラ状組織を呈するLP SO相及びMg相は共に組織が全体的に湾曲していることが分かる。これは、熱処理により板状(プレート状)とされたLP SO相とこうした板状(プレート状)のLP SO相に挟まれたMg相が圧延加工S4によってせん断変形(図9B(b)中符号Sで示す領域参照)したことで組織や組織の一部が湾曲や屈曲したためと考えられる。なお、湾曲や屈曲することは優れた引張強度を実現する一因となり得る。

20

【0042】

また、LP SO相は板状(プレート状)のみならず、例えば、図9A(b)中符号Yで示す領域の様にブロック状のLP SO相が存在することもある。即ち、LP SO相の形状は板状(プレート状)若しくは板状(プレート状)とブロック状の混在となる。更に、図9A(b)、図9A(c)、図9B(b)及び図9B(c)から明らかな様に、LP SO相内若しくはMg相内に $Mg_3Zn_3Y_2$ が微細分散している(図9A(b)や図9A(c)中符号Zで示す領域、図9B(b)や図9B(c)中符号Sや符号Tで示す領域)

30

【0043】

一方、図10A及び図10Bは熱処理工程S3を施しておらず、LP SO相が板状(プレート状)とされていない塑性加工物に対して圧延加工S4を施したマグネシウム合金材の結晶組織を示す顕微鏡写真であり、図10A及び図10B中の黒色はMg相を示し、灰色はLP SO相を示し、白色は $Mg_3Zn_3Y_2$ を示している。

【0044】

図10A及び図10Bから明らかな様に、LP SO相が板状(プレート状)とされていない塑性加工物に対して圧延加工S4を施したマグネシウム合金材についても、LP SO相とMg相とはラメラ状に存在している。

40

【0045】

しかしながら、図10A(b)及び図10A(c)から明らかな様に、LP SO相はブロック状であり、Mg相内に微細分散したLP SO相は極めて少ない。また、図10B(b)や図10B(c)から明らかな様に、LP SO相が直線的であり湾曲や屈曲した部分については見当たらない。

【0046】

<3. 変形例>

第1の実施の形態では第2の塑性加工として押出加工を行う場合を例に挙げて説明を行い、第2の実施の形態では第2の塑性加工として圧延加工を行う場合を例に挙げて説明を行っている。

50



しかしながら、熱処理を施した塑性加工物に再び塑性加工を行うことで、マグネシウム合金材の機械的特性（引張強度、0.2%耐力及び伸び）を向上させることができれば充分であり、第2の塑性加工工程で施す塑性加工については、必ずしも押出加工や圧延加工に限定されるものではない。

【0047】

また、上記した第1の実施の形態及び第2の実施の形態では、 $Mg_{96}Zn_2Y_2$ 合金の製造方法を例に挙げて説明を行っているが、 $Mg_{96}Zn_2Y_2$ 合金はMg-Zn-RE系合金の一例であり、必ずしも $Mg_{96}Zn_2Y_2$ 合金に限定されるものではない。

【0048】

また、上記した第1の実施の形態及び第2の実施の形態では、Mg-Zn-RE系合金の製造方法を例に挙げて説明を行っているが、本発明は必ずしもMg-Zn-RE系合金に限定されるものではない。即ち、本発明はLPSO相とMg相とを有するマグネシウム合金材であれば充分であり、例えば、Mg-TM-RE系合金であっても良い。なお、TMはZn、Cu、Ni若しくはCoから選択される元素を意味している。

【実施例】

【0049】

以下、本発明の実施例について説明する。なお、ここで示す実施例は一例であり本発明を限定するものではない。

【0050】

<1. 第1の実施例>

まず、本発明の第1の実施例であるマグネシウム合金材の製造方法として、Znを2原子%、Yを2原子%とし、残部がMgと不可避的不純物のMg-Zn-Y系合金を高周波溶解炉内で溶解を行った。次に、加熱溶解した材料を金型で鑄造し、 $69\text{mm} \times L200\text{mm}$ のインゴット（鑄造材）を作成した。更に、押出温度 $350$ において押出比5として塑性加工（押出加工）を行い、続いて、 $100 \sim 500$ の熱処理温度にて1時間の熱処理（焼きなまし）を行ってLPSO相を板状（プレート状）とした。その後、 $29\text{mm} \times L60\text{mm}$ ピレットに切削し、押出温度 $350$ において押出比10、押出速度（ラム速度） $2.5\text{mm/sec}$ で押出加工を施して試験片を作成した。

【0051】

また、第1の比較例であるマグネシウム合金材の製造方法として、Znを2原子%、Yを2原子%とし、残部がMgと不可避的不純物のMg-Zn-Y系合金を高周波溶解炉内で溶解を行った。次に、加熱溶解した材料を金型で鑄造し、 $29\text{mm} \times L60\text{mm}$ のインゴット（鑄造材）を作成した。その後、押出温度 $350$ において押出比10として塑性加工（押出加工）を行って試験片を作成した。

【0052】

この様にして得られた試験片を室温にて引張試験を行い、機械的特性を評価した結果を表1に示す。なお、第1の実施例であるマグネシウム合金材と第1の比較例であるマグネシウム合金材とは、インゴット（鑄造材）のサイズが異なるが、インゴット（鑄造材）のサイズによってマグネシウム合金材の機械的特性や組織が変化することはないので、インゴット（鑄造材）のサイズの相違は機械的特性に何ら影響を与えるものではない。

【0053】

【表1】

	本発明の実施例	比較例
0.2%耐力	407MPa	390MPa
引張強度	453MPa	430MPa
伸び	7.8%	5.2%

10

20

30

40

50

【 0 0 5 4 】

表 1 から明らかな様に、本発明の実施例であるマグネシウム合金の製造方法で得られるマグネシウム合金材は、比較例であるマグネシウム合金材の製造方法で得られるマグネシウム合金材と比較すると、0.2%耐力及び引張強度が共に向上していることが分かる。また、延性についても向上していることが分かる。

【 0 0 5 5 】

< 2 . 第 2 の 実 施 例 >

次に、本発明の第 2 の実施例であるマグネシウム合金材の製造方法として、Zn を 2 原子%、Y を 2 原子%とし、残部が Mg と不可避的不純物の Mg - Zn - Y 系合金を高周波溶解炉内で溶解を行った。次に、加熱溶解した材料を金型で鑄造し、69mm x L200mm のインゴット（鑄造材）を作成した。更に、押出温度 350 において押出比 10 として塑性加工（押出加工）を行い板形状にし、続いて、100 ~ 500 の熱処理温度にて 1 時間の熱処理（焼きなまし）を行って LPSO 相を板状（プレート状）とした。その後、圧延加工を施して試験片を作成した。

10

【 0 0 5 6 】

また、第 2 の比較例であるマグネシウム合金材の製造方法として、Zn を 2 原子%、Y を 2 原子%とし、残部が Mg と不可避的不純物の Mg - Zn - Y 系合金を高周波溶解炉内で溶解を行った。次に、加熱溶解した材料を金型で鑄造し、69mm x L200mm のインゴット（鑄造材）を作成した。更に、押出温度 350 において押出比 10 として塑性加工（押出加工）を行い板形状にした。その後、圧延加工を施して試験片を作成した。

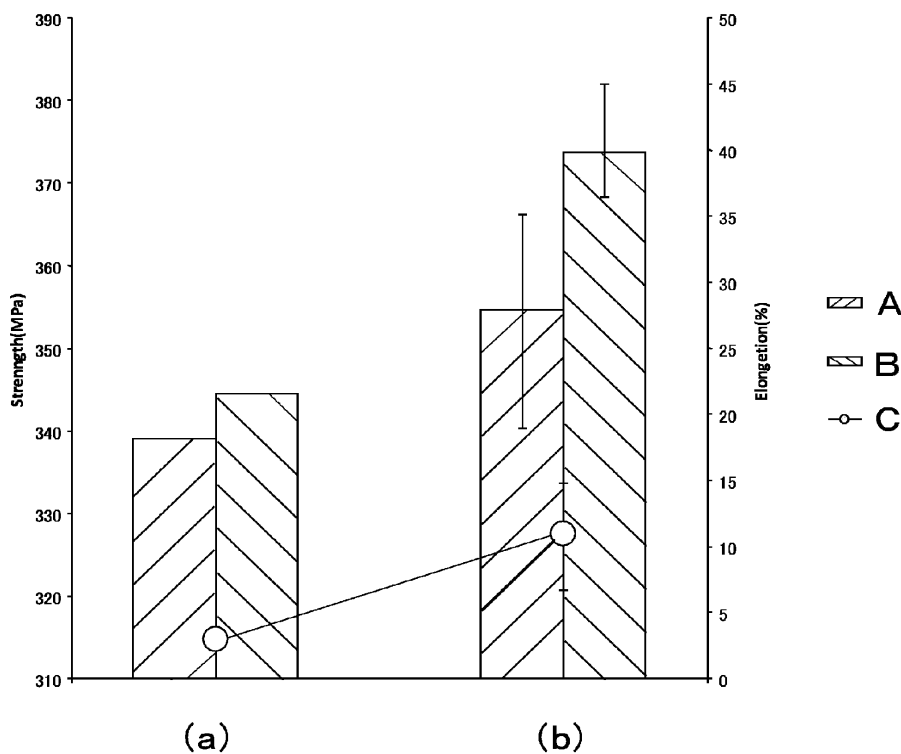
20

【 0 0 5 7 】

この様にして得られた試験片を室温にて引張試験を行い、機械的特性を評価した結果を表 2 に示す。なお、表 2 中 (b) は本発明の実施例であり、表 2 中 (a) は比較例である。また、表 2 中符号 A は 0.2% 耐力を示し、表 2 中符号 B は引張強度を示し、表 2 中符号 C は延性を示している。

【 0 0 5 8 】

【 表 2 】



30

40

【 0 0 5 9 】

50

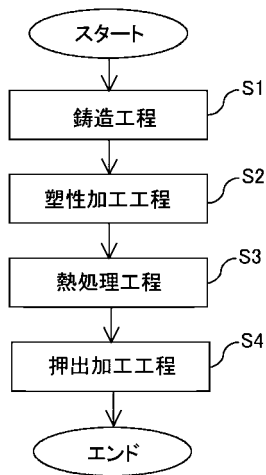
表 2 から明らかな様に、本発明の実施例であるマグネシウム合金材の製造方法で得られるマグネシウム合金材は、比較例であるマグネシウム合金材の製造方法で得られるマグネシウム合金材と比較すると、0.2%耐力及び引張強度が共に向上していることが分かる。また、延性についても向上していることが分かる。

【0060】

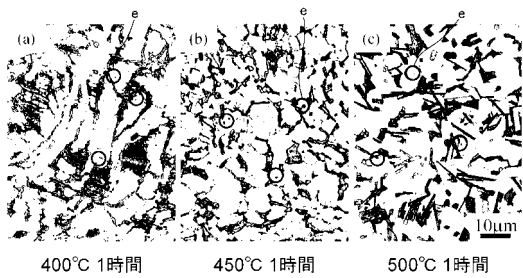
なお、熱処理までを施して圧延加工を行わない場合であっても、熱処理による組織制御が実現し、室温での大きな伸びを得られることが期待できる。

しかしながら、熱処理後の圧延加工を施さない場合には、熱処理前の素材に対して強度の面において劣ってしまう。これに対して、本発明の実施例のマグネシウム合金材では、LPSO相を含むマグネシウム合金材において、合金組成を変更することなく強度と延性を同時に向上することが可能である。

【図1】



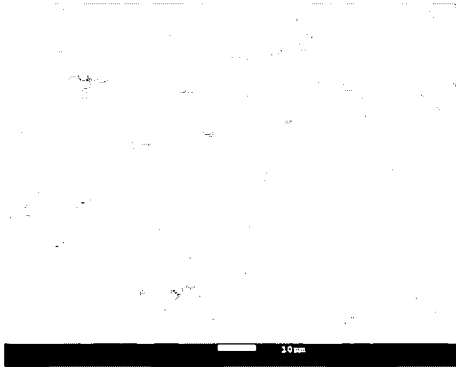
【図2】



【図3(a)】



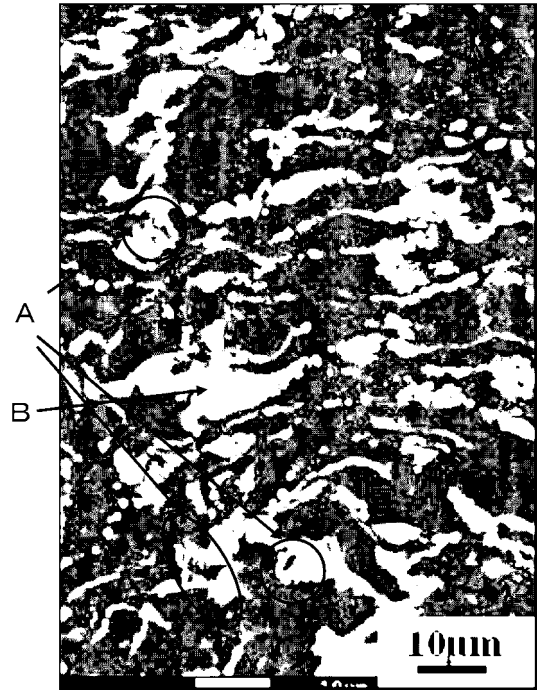
【図 3 ( b )】



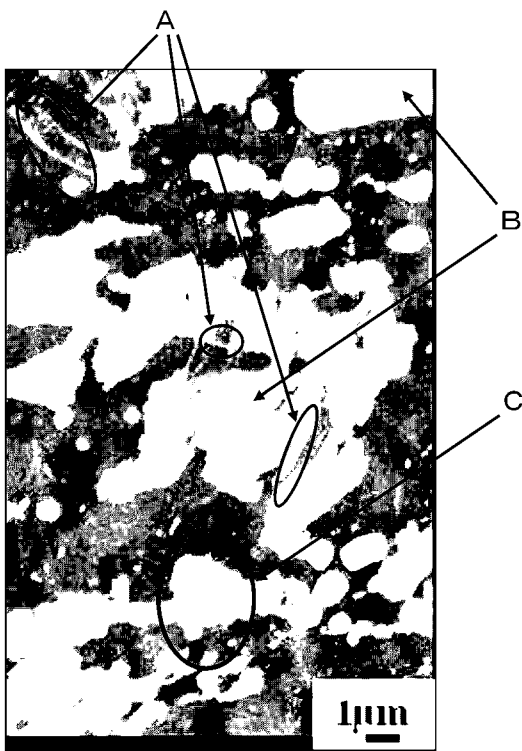
【図 3 ( c )】



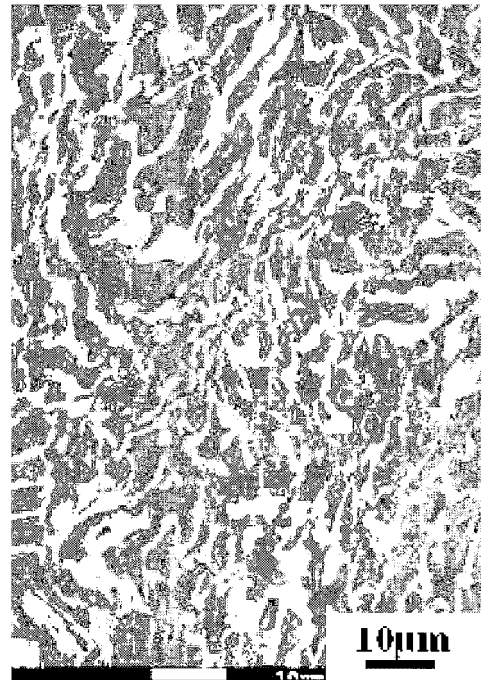
【図 4 A】



【図 4 B】



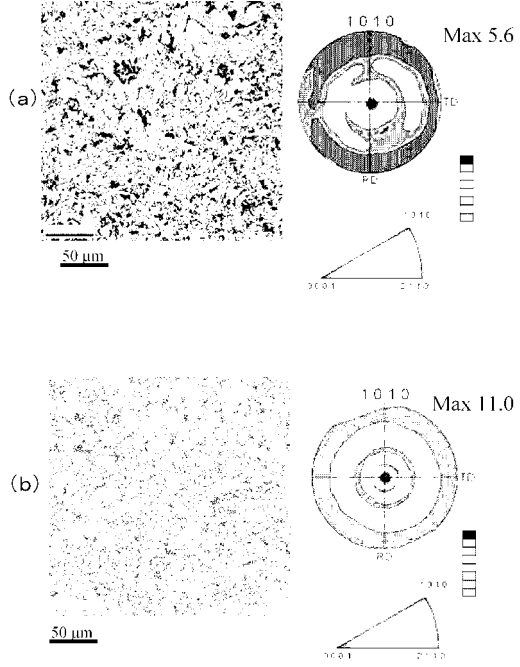
【図 5 A】



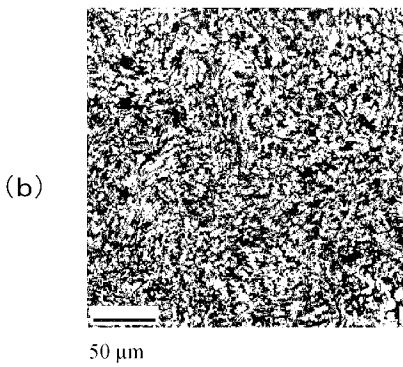
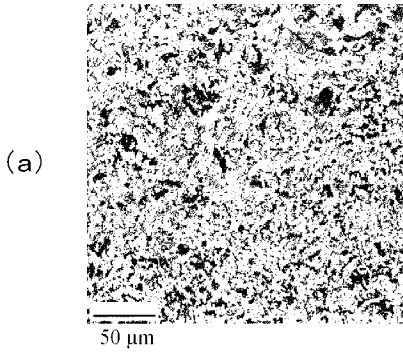
【 5 B 】



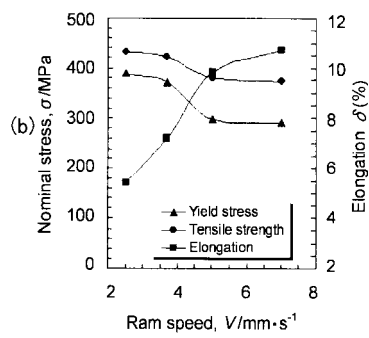
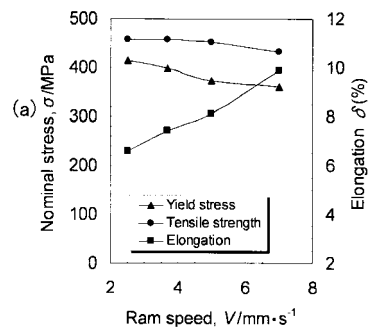
【 6 A 】



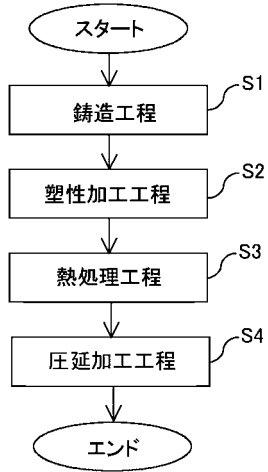
【 6 B 】



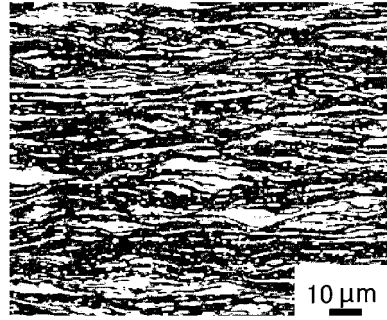
【 7 】



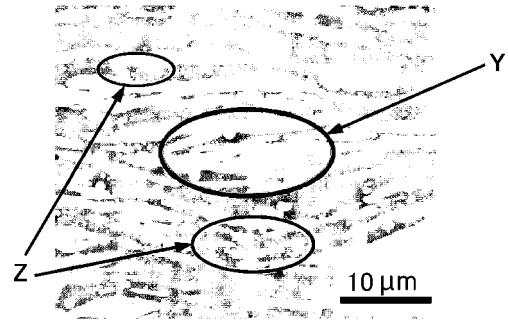
【図8】



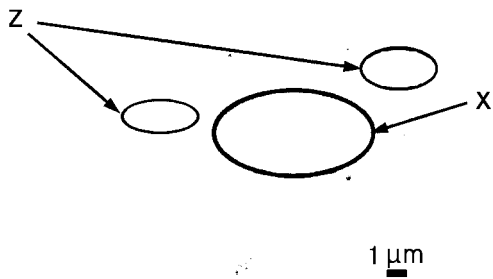
【図9A(a)】



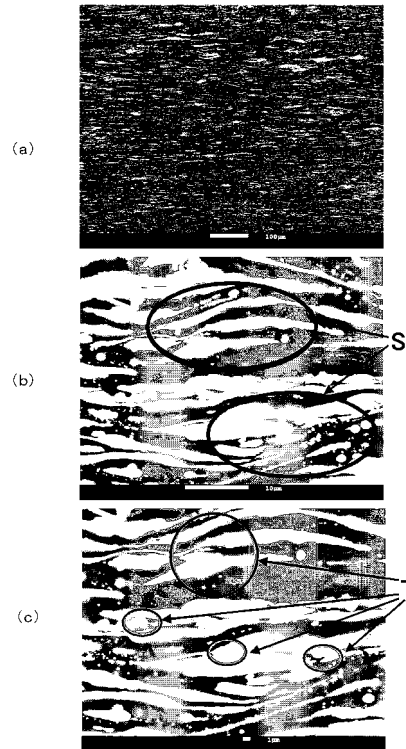
【図9A(b)】




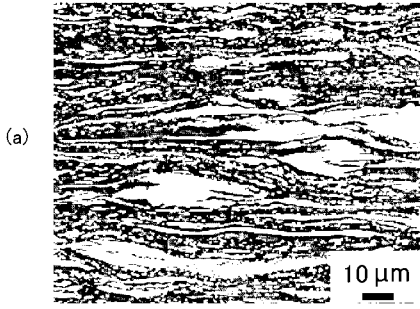
【図9A(c)】



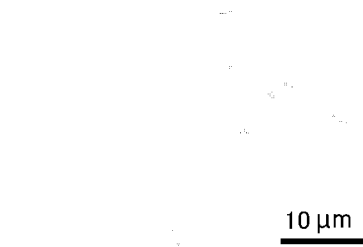
【図9B】



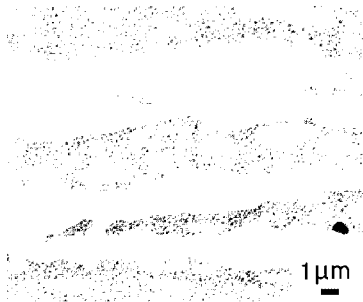
【 10 A】




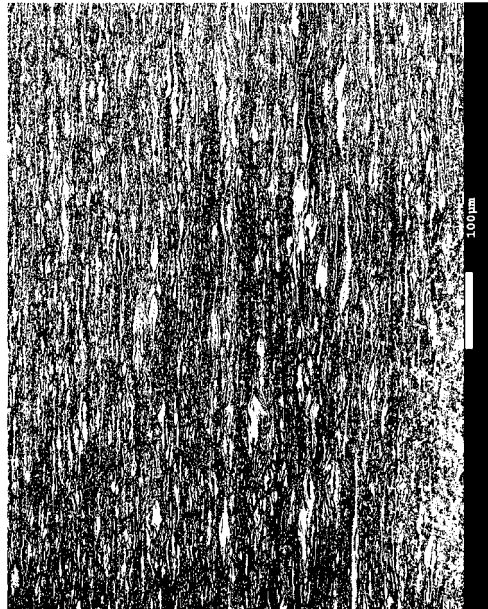
(b)




(c)




【 10 B ( a )】



【 10 B ( b )】



【 10 B ( c )】



---

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I  
C 2 2 F 1/00 6 3 0 A  
C 2 2 F 1/00 6 3 0 K  
C 2 2 F 1/00 6 3 1 Z  
C 2 2 F 1/00 6 8 3  
C 2 2 F 1/00 6 8 5 Z  
C 2 2 F 1/00 6 9 1 B  
C 2 2 F 1/00 6 9 1 C  
C 2 2 F 1/00 6 9 4 A  
C 2 2 F 1/00 6 9 4 B

(72)発明者 野田 雅史  
熊本県上益城郡益城町大字田原2081番地10 財団法人くまもとテクノ産業財団内

審査官 川村 裕二

(56)参考文献 特開2008-231536(JP,A)  
特開2008-150704(JP,A)  
国際公開第2011/125887(WO,A1)  
国際公開第2007/111342(WO,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)  
C 2 2 C 2 3 / 0 0 - 2 3 / 0 6  
C 2 2 F 1 / 0 6