(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第4500916号
(P4500916)

(45)発行日　平成22年7月14日(2010.7.14)　(24)登録日　平成22年4月30日(2010.4.30)

(51)Int.Cl.		F I		
C22C 23/06	(2006.01)	C22C	23/06	
B22D 21/04	(2006.01)	B22D	21/04	B
C22F 1/06	(2006.01)	C22F	1/06	
C22F 1/00	(2006.01)	C22F	1/00	611
		C22F	1/00	612

請求項の数 4　(全 8 頁)　最終頁に続く

(21)出願番号　特願2004-280878 (P2004-280878)
(22)出願日　平成16年9月28日 (2004.9.28)
(65)公開番号　特開2006-97037 (P2006-97037A)
(43)公開日　平成18年4月13日 (2006.4.13)
審査請求日　平成19年9月21日 (2007.9.21)

特許法第３０条第１項適用　２００４年３月３０日　社団法人日本金属学会発行の「日本金属学会講演概要」に発表

(73)特許権者　504159235
国立大学法人　熊本大学
熊本県熊本市黒髪二丁目３９番１号
(73)特許権者　000005326
本田技研工業株式会社
東京都港区南青山二丁目１番１号
(73)特許権者　398061186
不二ライトメタル株式会社
熊本県玉名郡長洲町長洲２１６８番地
(73)特許権者　000004215
株式会社日本製鋼所
東京都品川区大崎一丁目１１番１号
(74)代理人　100077805
弁理士　佐藤　辰彦

最終頁に続く

(54)【発明の名称】マグネシウム合金及びその製造方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

全量に対して、Ｚｎ１～４原子％と、Ｙ１～４．５原子％とを含み、残部がＭｇと不可避の不純物とからなり、ＺｎとＹとの組成比Ｚｎ／Ｙが０．６～１．３の範囲にある組成を備え、金属間化合物$Mg_3Y_2Zn_3$と、長周期構造を示す$Mg_{12}YZn$とを含むことを特徴とするマグネシウム合金。

【請求項２】

全量に対して、Ｚｎ２～３．５原子％と、Ｙ２～４．５原子％とを含み、残部がＭｇと不可避の不純物とからなり、ＺｎとＹとの組成比Ｚｎ／Ｙが０．８～１．２の範囲にある組成を備えることを特徴とする請求項１記載のマグネシウム合金。

【請求項３】

全量に対して、Ｚｎ１～４原子％と、Ｙ１～４．５原子％と、Ｚｒ０．１～０．５原子％とを含み、残部がＭｇと不可避の不純物とからなり、ＺｎとＹとの組成比Ｚｎ／Ｙが０．６～１．３の範囲にある組成を備え、金属間化合物$Mg_3Y_2Zn_3$と、長周期構造を示す$Mg_{12}YZn$とを含むことを特徴とするマグネシウム合金。

【請求項４】

全量に対して、Ｚｎ１～４原子％と、Ｙ１～４．５原子％とを含み、残部がＭｇと不可避の不純物とからなり、ＺｎとＹとの組成比Ｚｎ／Ｙが０．６～１．３の範囲にある組成を備えるＭｇ合金を鋳造後、塑性加工することにより、金属間化合物$Mg_3Y_2Zn_3$と、長周期構造を示す$Mg_{12}YZn$とを含む合金組織とすることを特徴とするマグネシウ

ム合金の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、高強度と高延性とを兼ね備えるマグネシウム合金及びその製造方法に関するものである。

【背景技術】

【０００２】

マグネシウムは、鉄、アルミニウムに比べて軽量であるため、鉄鋼材料、アルミニウム合金材料からなる部材に代わる軽量代替材として用いることが検討されている。ところが、一般のマグネシウム合金は、鉄鋼、アルミニウム合金、チタン合金等の他の金属構造材料に比較して強度が低く、比較的高強度とされるダイキャスト用のＡＺ９１材ですら１６０ＭＰａ程度である。また、産業用部品等の可動部では少なくとも４～５％の伸びが必要とされるが、一般のマグネシウム合金は延性についても十分とは言えず、前記ＡＺ９１材で３％程度である。

【０００３】

そこで、従来、高強度と高延性とを備えるマグネシウム合金が種々提案されている。

【０００４】

例えば、一般式：$Mg_{100-a-b-c}Ca_aZn_bX_c$、但しＸはＹ、Ｃｅ、Ｌａ、Ｎｄ、Ｐｒ、Ｓｍ、Ｍｍ（ミッシュメタル）からなる群から選ばれる１種または２種以上の元素であり、０．５≦ａ≦５原子％、０＜ｂ≦５原子％、０＜ｃ≦３原子％、但し１≦ａ＋ｂ＋ｃ≦１１原子％である組成を有し、かつ、微細結晶質からなる母相に、Ｍｇ－Ｃａ系、Ｍｇ－Ｚｎ系、Ｍｇ－Ｘ系金属間化合物の１種または２種以上が微細に分散した組織を有するマグネシウム合金が知られている。前記金属間化合物を有するマグネシウム合金は、前記組成を備える溶融合金を、アトマイズ法等により急冷凝固させることにより粉末の高強度マグネシウム合金とすることができ、該粉末を熱間塑性加工することにより、複雑な形状に成形加工することができるとされている（特許文献１参照）。

【０００５】

また、一般式：$Mg_{100-a-b}Ln_aM_b$、但しＭはＡｌ、Ｚｎから選ばれる１種以上の元素であり、ＬｎはＹ、Ｃｅ、Ｌａ、Ｎｄ、Ｐｒ、Ｐｍ、Ｓｍ、Ｅｕ、Ｇｄ、Ｔｂ、Ｄｙ、Ｈｏ、Ｅｒ、Ｔｍ、Ｙｂ、Ｌｕ、Ｍｍ（ミッシュメタル）からなる群から選ばれる１種以上の元素または希土類元素の混合体であり、０．５≦ａ≦５原子％、０．２≦ｂ≦４原子％、但し１．５≦ａ＋ｂ≦７原子％である組成を有し、かつ、結晶粒径が２０００ｎｍ未満であり、結晶中の一部または全域に長周期六方構造を有するマグネシウム合金が知られている。前記長周期六方構造を有するマグネシウム合金は、前記組成を備える溶融合金を、アトマイズ法等により急冷凝固させることにより粉末の高強度高延性のマグネシウム合金とすることができ、該粉末を押出比３～２０で塑性加工することにより該マグネシウム合金からなる成形材を得ることができるとされている（特許文献２参照）。

【０００６】

しかしながら、前記マグネシウム合金は、いずれも前記溶融合金を急冷凝固させる際の歩留まりが低く、前記急冷凝固により得られた粉末から成形体を形成しようとするとコストの増大が避けられないという不都合がある。また、前記マグネシウム合金は、いずれも伸びが５％以下で産業用部品の可動部に使用できる限界値に近く、十分な延性を備えているとは言い難いため、設計の自由度が大きく制限されて実用性が低くなるという不都合がある。

【０００７】

一方、前記長周期六方構造を有するマグネシウム合金は、冷却速度の大きな銅製鋳型を用いて鋳造を行うことにより成形体を得ることもできるとされている。しかしながら、前記銅製鋳型を用いる場合には、冷却速度を大きくするために、比較的小型の成形体しか製造することができず、成形体の大きさが制限されるという不都合がある。

【特許文献１】特開平９－４１０６５号公報
【特許文献２】特開２００２－２５６３７０号公報
【非特許文献１】長野真之、西田稔、河村能人、急速凝固Ｍｇ－Ｚｎ－Ｙ合金の組織形成に及ぼすＺｎ，Ｙ濃度と熱処理の影響、「日本金属学会講演概要」、日本金属学会、２００３年、ｐ．１８７
【発明の開示】
【発明が解決しようとする課題】
【０００８】
本発明は、かかる不都合を解消して、安価で歩留まりが良く、成形体の大きさに制限が無く、しかも高強度と高延性とを兼ね備えるマグネシウム合金及びその製造方法を提供することを目的とする。
【課題を解決するための手段】
【０００９】
かかる目的を達成するために、本発明のマグネシウム合金は、全量に対して、Ｚｎ１～４原子％と、Ｙ１～４．５原子％とを含み、残部がＭｇと不可避の不純物とからなり、ＺｎとＹとの組成比Ｚｎ／Ｙが０．６～１．３の範囲にある組成を備え、金属間化合物$Mg_3Y_2Zn_3$と、長周期構造を示す$Mg_{12}YZn$とを含むことを特徴とする。
【００１０】
本発明のマグネシウム合金は、前記組成を備えると共に、前記金属間化合物$Mg_3Y_2Zn_3$と、長周期構造を示す$Mg_{12}YZn$との両方を含むことにより、高強度と高延性とを兼ね備えることができる。マグネシウム合金の全量に対して、Ｚｎが１原子％未満または４原子％を超え、Ｙが１原子％未満または４．５原子％を超えるときには、強度または延性のいずれか一方、または両方が不十分になる。
【００１１】
また、マグネシウム合金の全量に対して、ＺｎとＹとが共に前記範囲の組成を備えていても、該マグネシウム合金に前記金属間化合物$Mg_3Y_2Zn_3$と、長周期構造を示す$Mg_{12}YZn$とのいずれか一方、または両方が含まれていないときには、強度または延性のいずれか一方、または両方が不十分になる。
【００１２】
さらに、本発明のマグネシウム合金は、前記金属間化合物$Mg_3Y_2Zn_3$と、長周期構造を示す$Mg_{12}YZn$との両方を確実に含むために、前記ＺｎとＹとの組成比Ｚｎ／Ｙが０．６～１．３の範囲にあることが必要である。前記ＺｎとＹとの組成比Ｚｎ／Ｙが０．６未満または１．３を超えるときには、前記マグネシウム合金に前記金属間化合物$Mg_3Y_2Zn_3$と、長周期構造を示す$Mg_{12}YZn$とのいずれか一方、または両方が含まれないことがある。
【００１３】
尚、急速凝固Ｍｇ－Ｚｎ－Ｙ合金において、$MgZnY_X$（Ｘ＝２～４）のＹ濃度＞Ｚｎ濃度の合金ではＹ濃度が大になるほど長周期構造が増加し、$MgZn_XY$（Ｘ＝２～４）のＺｎ濃度＞Ｙ濃度の合金では熱処理により前記金属間化合物$Mg_3Y_2Zn_3$が析出し、$MgZn_XY_X$（Ｘ＝１～４）でありＹ濃度＝Ｚｎ濃度の等原子比合金では熱処理により前記長周期構造が生成することは知られている（非特許文献１参照）。
【００１４】
しかし、本発明者らの検討によれば、前記Ｙ濃度＞Ｚｎ濃度の合金と、前記Ｙ濃度＝Ｚｎ濃度の等原子比合金とでは、前記金属間化合物$Mg_3Y_2Zn_3$が存在せず、前記Ｚｎ濃度＞Ｙ濃度の合金では前記長周期構造が存在しない。従って、前記急速凝固Ｍｇ－Ｚｎ－Ｙ合金では、前記長周期構造と前記金属間化合物$Mg_3Y_2Zn_3$とが共存することはない。
【００１５】
本発明のマグネシウム合金は、優れた高強度と高延性とを兼ね備えるために、全量に対して、Ｚｎ２～３．５原子％と、Ｙ２～４．５原子％とを含み、残部がＭｇと不可避の不

純物とからなり、ＺｎとＹとの組成比Ｚｎ／Ｙが０．８～１．２の範囲にある組成を備えることが好ましい。

【００１６】

また、本発明のマグネシウム合金は、全量に対して、Ｚｎ１～４原子％と、Ｙ１～４．５原子％とを含み、残部がＭｇと不可避の不純物とからなるものであってもよいが、さらに全量に対して、Ｚｒ０．１～０．５原子％とを含み、残部がＭｇと不可避の不純物とからなるものであってもよい。

【００１７】

本発明のマグネシウム合金は、Ｚｒを前記範囲で含むことにより、合金組織を微細化すると共に、前記金属間化合物$Mg_3Y_2Zn_3$の生成を促進することができる。Ｚｒの含有量が合金全量に対して０．１原子％未満では合金組織を微細化し、前記金属間化合物$Mg_3Y_2Zn_3$の生成を促進する効果を得ることができず、０．５原子％を超えると前記金属間化合物$Mg_3Y_2Zn_3$の生成を阻害することがある。

【００１８】

また、本発明のマグネシウム合金は、前記組成にＬａ、Ｃｅ、Ｎｄ、Ｓｍ、Ｙｂからなる群から選択される少なくとも１種の元素を少量添加することによりさらに高強度化することもできる。また、本発明のマグネシウム合金は、繊維、粒子等の強化材を添加することにより、コンポジット化することもできる。

【００１９】

本発明のマグネシウム合金は、全量に対して、Ｚｎ１～４原子％と、Ｙ１～４．５原子％とを含み、残部がＭｇと不可避の不純物とからなり、ＺｎとＹとの組成比Ｚｎ／Ｙが０．６～１．３の範囲にある組成を備えるＭｇ合金を鋳造後、塑性加工することにより、金属間化合物$Mg_3Y_2Zn_3$と、長周期構造を示す$Mg_{12}Zn$とを含む合金組織とする方法により製造することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【００２０】

次に、本発明の実施の形態についてさらに詳しく説明する。

【００２１】

本実施形態では、まず、合金全量に対して、Ｚｎ１～４原子％と、Ｙ１～４．５原子％とを含み、ＺｎとＹとの組成比Ｚｎ／Ｙが０．６～１．３の範囲にあり、さらに好ましくはＺｒ０．１～０．５原子％とを含み、残部がＭｇと不可避の不純物とからなる材料をカーボン坩堝に収容し、アルゴン雰囲気下、高周波溶解炉中で例えば７００℃の温度で溶解し、溶融合金を得る。

【００２２】

次に、前記溶融合金を鋳型に注入して鋳造を行う。前記鋳造における冷却速度は、１０Ｋ／秒以下とすることが好ましい。前記冷却速度は、急冷凝固の際のアトマイズ法または双ロール法の10^4Ｋ／秒以上、あるいはロールキャスト法または急冷銅製鋳型法の10^3～10^2Ｋ／秒に比較して格段に低い。従って、本実施形態において、前記鋳型は、金型、黒鉛型、砂型等の一般的なものを用いることができ、銅製鋳型または水冷銅製鋳型等を用いる必要がなく、コストを低減することができる。

【００２３】

次に、得られた鋳造物を塑性加工することにより成形物を得る。前記成形物は、合金全量に対して、Ｚｎ１～４原子％と、Ｙ１～４．５原子％とを含み、ＺｎとＹとの組成比Ｚｎ／Ｙが０．６～１．３の範囲にあり、さらに好ましくはＺｒ０．１～０．５原子％とを含み、残部がＭｇと不可避の不純物とからなるマグネシウム合金であり、金属間化合物$Mg_3Y_2Zn_3$と、長周期構造を示す$Mg_{12}YZn$との両方を含んでいる。この結果、前記成形物は、高強度と高延性とを兼ね備えることができる。

【００２４】

次に本発明の実施例と比較例、参考例とを示す。

【実施例】

【００２５】
本実施例では、合金全量に対して、Ｚｎ１～４原子％と、Ｙ１～４．５原子％とを含み、ＺｎとＹとの組成比Ｚｎ／Ｙが０．６～１．３の範囲にあり、さらに好ましくはＺｒ０．１～０．５原子％とを含み、残部がＭｇと不可避の不純物とからなり、Ｚｎ、Ｙ、Ｚｒをそれぞれ前記範囲内で変量した材料をカーボン坩堝に収容し、アルゴン雰囲気下、高周波溶解炉中で例えば７００℃の温度で溶解した。次に、得られた溶融合金を金型に注入し、１０Ｋ／秒以下の冷却速度で鋳造を行い、丸棒材を得た。次に、前記丸棒材を電気炉で３５０～４５０℃の範囲の温度に加熱し、押出比１０で押出成形を行って、成形物を得た。

【００２６】
得られた成形物の金属組織をＸ線回折及び透過型電子顕微鏡により同定し、金属間化合物$Mg_3Y_2Zn_3$と、長周期構造を示す$Mg_{12}YZn$との有無を確認した。また、前記成形物から試験片を切り出し、常温で引張試験を行って、０．２％耐力、引張強さ、伸びを測定した。結果を表１に示す。

〔比較例〕
本比較例では、合金全量に対して、Ｚｎ０．５～５原子％と、Ｙ０．５～５原子％とを含み、残部がＭｇと不可避の不純物とからなり、Ｚｎ、Ｙをそれぞれ前記範囲内で変量した材料を用いた以外は、前記実施例と全く同一にして丸棒材を得て、該丸棒材に対して前記実施例と全く同一にして押し出し成形を行い、成形物を得た。

【００２７】
得られた成形物の金属組織をＸ線回折及び透過型電子顕微鏡により同定し、金属間化合物$Mg_3Y_2Zn_3$と、長周期構造を示す$Mg_{12}YZn$との有無を確認した。また、前記成形物から試験片を切り出し、常温で引張試験を行って、０．２％耐力、引張強さ、伸びを測定した。結果を表１に示す。

〔参考例〕
本比較例では、公知のマグネシウム合金、ＷＥ５４－Ｔ６材、ＡＺ９１材の金属組織をＸ線回折及び透過型電子顕微鏡により同定し、金属間化合物$Mg_3Y_2Zn_3$と、長周期構造を示す$Mg_{12}YZn$との有無を確認した。また、前記ＷＥ５４－Ｔ６材、ＡＺ９１材から試験片を切り出し、常温で引張試験を行って、０．２％耐力、引張強さ、伸びを測定した。結果を表１に示す。

【００２８】

【表１】

	Ｚｎ (at%)	Ｙ (at%)	Ｚｒ (at%)	Zn /Y	押出温度 (℃)	金属間化合物 $Mg_3Y_2Zn_3$	長周期相 $Mg_{12}YZn$	0.2%耐力 (MPa)	引張強さ (MPa)	伸び (%)
実施例１	2	2	－	1	350	○	○	395	429	10.2
〃 2	2	2	－	1	375	○	○	415	446	7.8
〃 3	2	2	0.2	1	350	○	○	405	465	8.5
〃 4	2	2	0.2	1	400	○	○	425	471	8.5
〃 5	3	3	－	1	450	○	○	430	487	7.5
〃 6	3	3.5	－	0.86	450	○	○	440	492	6
〃 7	3.5	3	－	1.17	350	○	○	425	490	7.5
〃 8	3.5	3.5	－	1	350	○	○	450	523	4.5
〃 9	2.5	3	－	0.83	350	○	○	407	485	9
〃 10	2	3	－	0.67	350	○	○	370	447	8.3
〃 11	2.5	4	－	0.63	450	○	○	370	450	6
〃 12	1.5	1.5	－	1	350	○	○	374	417	7.7
〃 13	1	1	－	1	350	○	○	373	392	10.3
〃 14	2.5	2	－	1.3	400	○	○	377	402	5.1
比較例１	0.5	2	－	0.25	400	×	○	278	329	8.2
〃 2	1	2	－	0.5	350	×	○	375	420	4
〃 3	1	3	－	0.33	350	×	○	418	440	2
〃 4	4	2	－	2	450	○	×	288	338	10.6
〃 5	5	3	－	1.67	450	○	×	376	383	2.5
〃 6	3	5	－	0.6	450	×	○	348	451	2.6
〃 7	0.5	0.5	－	1	350	×	○	323	341	12
〃 8	5	5	－	1	450	○	○	457	477	0.3
参考例１	ＷＥ５４－Ｔ６材			－	－－	×	×	172	250	2
〃 2	ＡＺ９１材			－	－－	×	×	160	230	3

金属間化合物$Mg_3Y_2Zn_3$：○…含む、×…含まない

長周期相$Mg_{12}YZn$：○…含む、×…含まない

【００２９】

表１から、合金全量に対し、Ｚｎ１～４原子％と、Ｙ１～４．５原子％とを含み、ＺｎとＹとの組成比Ｚｎ／Ｙが０．６～１．３の範囲にあり、金属間化合物$Mg_3Y_2Zn_3$

と、長周期構造を示す$Mg_{12}YZn$との両方を含む実施例１～１４のマグネシウム合金によれば、強度（０．２％耐力、引張強さ）、延性（伸び）のいずれも、公知のＷＥ５４－Ｔ６材、ＡＺ９１材に比較して格段に優れており、高強度と高延性とを兼ね備えていることが明らかである。

【００３０】

前記実施例に比較して、ＺｎとＹとの組成比Ｚｎ／Ｙが０．６～１．３の範囲外である比較例１～５のマグネシウム合金は、金属間化合物$Mg_3Y_2Zn_3$と、長周期構造を示す$Mg_{12}YZn$とのいずれかを備えず、強度と延性とのいずれかまたは両方が十分に得られないことが明らかである。また、Ｙが１～４．５原子％の範囲より大きい比較例６のマグネシウム合金は、金属間化合物$Mg_3Y_2Zn_3$を備えず、延性が十分に得られないことが明らかである。また、Ｚｎが１～４原子％の範囲より小さく、Ｙも１～４．５原子％の範囲よりも小さい比較例７のマグネシウム合金は、金属間化合物$Mg_3Y_2Zn_3$を備えず、強度が十分に得られないことが明らかである。さらに、Ｚｎが１～４原子％の範囲より大きく、Ｙも１～４．５原子％の範囲よりも大きい比較例８のマグネシウム合金は、金属間化合物$Mg_3Y_2Zn_3$と、長周期構造を示す$Mg_{12}YZn$との両方を含むものの、延性が十分に得られないことが明らかである。

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I

C22F 1/00	630A
C22F 1/00	681
C22F 1/00	682
C22F 1/00	683
C22F 1/00	691B
C22F 1/00	692A

(74)代理人 100077665
弁理士 千葉 剛宏
(72)発明者 家永 裕一
埼玉県和光市中央１丁目４番１号 株式会社本田技術研究所内
(72)発明者 河村 能人
熊本県熊本市新南部２丁目７番Ａ－３０２
(72)発明者 小園 英
熊本県玉名郡長洲町長洲２１６８番地 九州不二サッシ株式会社内
(72)発明者 山口 毅
広島県広島市安芸区船越南一丁目６番１号 株式会社日本製鋼所内

審査官 河野 一夫

(56)参考文献 特表平０６－５０１０５６（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl., ＤＢ名)
Ｃ２２Ｃ １／００ － ４９／１４
Ｂ２２Ｄ ２１／０４