

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5631379号
(P5631379)

(45) 発行日 平成26年11月26日(2014.11.26)

(24) 登録日 平成26年10月17日(2014.10.17)

(51) Int. Cl.	F 1
C 2 2 C 21/10 (2006.01)	C 2 2 C 21/10
C 2 2 F 1/053 (2006.01)	C 2 2 F 1/053
B 2 1 C 23/00 (2006.01)	B 2 1 C 23/00 A
C 2 2 F 1/00 (2006.01)	C 2 2 F 1/00 6 0 2
	C 2 2 F 1/00 6 1 2
	請求項の数 2 (全 8 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2012-285046 (P2012-285046)
 (22) 出願日 平成24年12月27日(2012.12.27)
 (62) 分割の表示 特願2010-3996 (P2010-3996) の分割
 原出願日 平成22年1月12日(2010.1.12)
 (65) 公開番号 特開2013-100604 (P2013-100604A)
 (43) 公開日 平成25年5月23日(2013.5.23)
 審査請求日 平成25年1月9日(2013.1.9)

(73) 特許権者 000001199
 株式会社神戸製鋼所
 兵庫県神戸市中央区脇浜海岸通二丁目2番4号
 (74) 代理人 100100974
 弁理士 香本 薫
 (72) 発明者 宮田 幸昌
 山口県下関市長府港町14番1号 株式会社神戸製鋼所 長府製造所内
 (72) 発明者 吉原 伸二
 山口県下関市長府港町14番1号 株式会社神戸製鋼所 長府製造所内
 審査官 河口 展明

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 耐応力腐食割れ性に優れたバンパーレインフォース用高強度アルミニウム合金押出材

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

Mgの質量%を[Mg]、Znの質量%を[Zn]としたとき、[Mg]と[Zn]が下記3式を満たし、

$$5.43 [Zn] \leq 6.3$$

$$[Zn] / 5.38 + 0.15 [Mg] \leq [Zn] / 5.38 + 0.34$$

$$11.68 [Zn] + 4.7 [Mg] \leq 14 \text{ (ただし、} [Zn] + 4.7 [Mg] \leq 12 \text{を除く)}$$

さらに、Cu: 0.1~0.6質量%、Ag: 0.01~0.15質量%の1種又は2種と、Ti: 0.005~0.05質量%と、Mn: 0.1~0.3質量%、Cr: 0.05~0.2質量%、Zr: 0.05~0.2質量%の1種又は2種以上を含み、残部Al及び不可避不純物からなり、ダイクエンチ空冷及び時効処理を行ったことを特徴とする耐応力腐食割れ性に優れたバンパーレインフォース用高強度アルミニウム合金押出材。

【請求項2】

請求項1に記載されたアルミニウム合金押出材からなるバンパーレインフォース。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、耐応力腐食割れ性に優れた高強度アルミニウム合金押出材に関し、特にバンパーレインフォースとして好適に使用されるアルミニウム合金押出材に関する。

【背景技術】

【0002】

自動車の軽量化のため、バンパーレインフォース、ドアガードバーなどのエネルギー吸収部材として、Al-Zn-Mg系の高強度アルミニウム合金押出材（特許文献1，2参照）が用いられている。しかし、Al-Zn-Mg系アルミニウム合金押出材は、応力腐食割れ（以下、SCC）を起こす危険があり、これを防止するため、やむを得ず過時効処理を行って、耐力300N/mm²程度で使用されており、高強度合金としての特徴が薄れている。

【先行技術文献】

【特許文献】

10

【0003】

【特許文献1】特開2002-327229号公報

【特許文献2】特開平11-264044号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

自動車の更なる軽量化のため、バンパーレインフォース等の自動車構造材に用いられるAl-Zn-Mg系合金押出材の高強度化が求められている。しかし、本系合金の高強度化を達成するためにZn及びMgを高濃度化すると、粒界析出物のMgZn₂が高密度に分布するため耐SCC性が低下し、自動車用構造材として適用できなくなる。同時に、押出性が低下して薄肉成形が困難となり、結果として軽量化効果を発揮できなくなる。

20

本発明は、このような従来技術の問題点に鑑みてなされたもので、高強度で耐SCC性に優れ、押出性にも優れたAl-Zn-Mg系アルミニウム合金押出材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】

【0005】

Al-Zn-Mg系アルミニウム合金は、Zn及びMgからなる析出物MgZn₂を高密度に分布させることで高強度を達成する合金である。本発明では、MgZn₂を過不足なく形成するZn及びMg量（MgZn₂の化学量論比）より過剰に添加されたMgが、高強度化に寄与することを利用した。MgをMgZn₂の化学量論比より過剰に添加することにより、MgZn₂量を抑えて高強度化することができ、これにより、Al-Zn-Mg系アルミニウム合金押出材を、耐SCC性を低下させることなく、高強度化することができる。その一方で、過剰Mg量が多すぎると押出性が悪化して押出速度が遅くなり、ダイクエンチ空冷（押出直後の押出材をオンラインで空冷すること、プレス焼き入れともいう）ができなくなる。さらに過剰Mgが増加するに伴って粒界析出物が微細かつ連続的になり、結局は耐SCC性を低下させる。従って、本発明では、押出性及び耐SCC性を低下させずに高強度化できる過剰Mgの限界量を見極めた。

30

【0006】

本発明に係るAl-Zn-Mg系アルミニウム合金押出材は、Mgの質量%を[Mg]、Znの質量%を[Zn]としたとき、[Mg]と[Zn]が下記(1)～(3)式を満たし、

40

$$5.43 [Zn] \leq 6.3 \dots (1)$$

$$[Zn] / 5.38 + 0.15 [Mg] \leq [Zn] / 5.38 + 0.34 \dots (2)$$

$$11.68 [Zn] + 4.7 [Mg] \leq 14 \dots (3)$$

さらに、Cu:0.1～0.6質量%、Ag:0.01～0.15質量%の1種又は2種と、Ti:0.005～0.05質量%と、Mn:0.1～0.3質量%、Cr:0.05～0.2質量%、Zr:0.05～0.2質量%の1種又は2種以上を含み、残部Al及び不可避不純物からなる。

MgZn₂の化学量論比（質量比）は、[Mg]:[Zn]が1:5.38であるから、上記(2)式は、[Mg]がMgZn₂の化学量論比より0.15質量%以上過剰で、

50

かつ過剰 [Mg] が 0.34 質量% 以下であることを意味する。

【発明の効果】

【0007】

本発明の Al-Zn-Mg 系アルミニウム合金押出材は、高強度で耐 SCC 性に優れている。そして、押出性に優れるため、ダイクエンチ空冷で T6 材（溶体化処理後時効処理）にほぼ匹敵する高強度が得られ、また薄肉成形が可能である。本発明の高強度 Al-Zn-Mg 系アルミニウム合金押出材を適用することにより、バンパーラインフォースやドアガードバーなどの自動車構造部材のさらなる軽量化が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】本発明の Al-Zn-Mg 系合金の Zn 及び Mg 量の範囲を示す図である。

【図2】実施例の押出材の断面形状を示す図である。

【図3】実施例の押出材の断面組織の顕微鏡写真である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

以下、本発明に係る Al-Zn-Mg 系アルミニウム合金押出材の組成等について詳細に説明する。

Zn ;

Zn 含有量が 5.0 質量% 未満では強度が不足し、7.0 質量% を超えると粒界析出物 MgZn₂ が増えて SCC 感受性が鋭くなる。従って、Zn 含有量は 5.0 ~ 7.0 質量% とする。耐 SCC 性が特に重要視される場合、Zn 含有量が比較的少ない領域、具体的には 5.0 ~ 6.3 質量% が望ましく、さらに 6.0 質量% 未満、さらに 5.8 質量% 以下がより望ましい。一方、Zn 含有量が 6.3 質量% を超えるときは、SCC 感受性が鋭くなるのを抑えるため、後述する Cu 及び Ag の両方を添加することが望ましい。

【0010】

Mg ;

Mg は Zn とともに MgZn₂ を形成して Al-Zn-Mg 系合金の強度を向上させる。その含有量は、Zn 含有量との関係で、前記(2)、(3)式のとおり制限される。

Mg 含有量が MgZn₂ の化学量論比 ([Zn] / 5.38) 以下の領域では MgZn₂ 量が減少して強度が不足する。Mg 含有量が前記(2)式の下限值以上の領域 (MgZn₂ の化学量論比 + 0.15 質量% 以上の過剰 Mg 領域) になると、過剰 Mg が高強度化に寄与するため、MgZn₂ 量を抑えたうえで高強度化が可能となる。しかし、過剰 Mg 量が 0.7 質量% を超えると押出性が低下し、ダイクエンチ空冷では高強度 (対 T6 材比) が出ない。また、生産性が低下し、薄肉成形も困難になる。望ましくは過剰 Mg 量は 0.6 質量% 以下である。

また、Zn 及び Mg 含有量が前記(3)式の規定を超えると、粒界析出物が微細かつ連続的に形成され、耐 SCC 性が低下する。

【0011】

図1は、本発明に係る Al-Zn-Mg 系合金の Zn 及び Mg 量の範囲を図示したものである。図中のプロット は後述する表1の No. 1 ~ 12、プロット は同じく表1の No. 13 ~ 18 である。[Zn] = 5.43、[Zn] = 6.3、[Mg] = [Zn] / 5.38 + 0.15、[Mg] = [Zn] / 5.38 + 0.34、及び [Zn] + 4.7 [Mg] = 11.68 で囲まれた五角形の領域が、本発明の実質的な規定範囲である。耐 SCC 性を重要視する観点から、[Zn] 6.3 の低 Zn 領域が望ましく、[Zn] > 6.3 の高 Zn 領域では、Cu 及び Ag の両方を添加して耐 SCC 性を改善することが望ましい。

【0012】

Cu, Ag ;

Cu 及び Ag は Al-Zn-Mg 系合金の耐 SCC 性を向上させる作用があり、いずれか一方又は両方が添加される。

10

20

30

40

50

Cu含有量が0.1質量%未満、及びAg含有量が0.01質量%未満では、耐SCC性向上効果が小さい。一方、Cu含有量が0.6質量%を超えると押出性及び溶接性を低下させる。また、焼入れ感受性が鋭くなるため、空冷で焼入れができなくなる。Ag含有量は0.15%を超えて添加してもその効果が飽和する。従って、Cu含有量は0.1~0.6質量%、Ag含有量は0.01~0.15質量%とする。

Zn含有量が6.3質量%未満の場合は、CuとAgはいずれか一方の添加でもよいが、Zn含有量が6.3質量%を超える場合、耐SCC性の低下を抑えるためCuとAgの両方の添加が望ましい。

【0013】

Ti;

Tiは、溶湯中にAl₃Tiを形成させ、鋳塊の結晶粒を微細化する効果がある。Ti含有量が0.005質量%未満では結晶粒微細化効果が小さい。一方、Ti含有量が0.05質量%を超えると鋳塊中に粗大晶出物を形成させ、伸びを低下させる。従って、Ti含有量は0.005~0.05質量%とする。

【0014】

Mn, Cr, Zr;

Mn, Cr及びZrは均質化処理によってアルミニウム中に微細分散粒子として析出し、再結晶を抑制する効果があり、また再結晶を抑制することで耐SCC性を向上させることができるため、いずれか1種又は2種以上が添加される。Mn, Cr, Zrがいずれも0.1質量%、0.05質量%、0.05質量%より不足すると押出中に表面再結晶が厚く発生し、耐SCC性が低下する。一方、Mn, Cr, Zrがそれぞれ0.3質量%、0.2質量%、0.2質量%を超えると焼入れ感受性が鋭くなり、さらに粗大晶出物を形成するため伸びが低下する。従って、Mn, Cr, Zrの含有量はそれぞれ0.1~0.3質量%、0.05~0.2質量%、0.05~0.2質量%とする。なお、Zrは焼き入れ感受性を鋭くする作用が比較的小さいため、Zr単独か、ZrとMn又はCrの一方又は両方を添加することが望ましい。

【0015】

製造方法;

本発明に係るAl-Zn-Mg系アルミニウム合金押出材は、溶解してピレットを鑄造し、均質化処理した後、押出加工し、押出直後の押出材を空冷ダイクエンチし、続いて時効処理を行うことで、製造することができる。なお、空冷ダイクエンチにより焼き入れするには、押出速度が十分速い(押出性に優れている)ことが必要である。焼き入れするには高温状態(例えば450以上)から急冷することが必要であるが、押出速度が遅いと、オンラインで空冷されるまでに押出材の温度が低下して、十分焼きが入らない。このため時効処理しても高強度が出ず、T6材に比べて強度が大きく劣ることとなる。

一方、本発明に係るAl-Zn-Mg系アルミニウム合金押出材は、ダイクエンチに代えて、溶体化処理及び時効処理(T6材)することもできる。いずれの場合も、加工熱処理の各工程は通常の条件で行えばよい。なお、時効条件は65~95で2~6時間及び125~165で7~13時間の範囲(過時効領域を含む)から選択するとよい。

【実施例】

【0016】

表1に示す化学成分のAl-Zn-Mg系合金を常法により溶解し、それぞれ直径15.5mmのピレットを鑄造した。このピレットを470×6hで均質化処理した後ファン空冷し、再び450に加熱して図1に示す中空断面形状にポートホール押し出した。押出材の断面の肉厚は1.5mmである。押出加工時の高温状態(450以上)からファン空冷によりダイクエンチし、200までの平均冷却速度は約160/minであった。

続いて各押出材から2本ずつの短尺材を切断採取し、一方の短尺材に対し90×3時間及び140×8時間の二段時効処理を施し、供試材(T5材)を得た。また、押出性評価のため、他方の短尺材を溶体化処理(450×1時間加熱後、水冷)した後、90

10

20

30

40

50

× 3 時間及び 1 4 0 × 8 時間の二段時効処理を施して押出性評価の基準となる T 6 材を得た。

【 0 0 1 7 】

【 表 1 】

表 1 化学成分 (mass%)

No.	Zn	Mg	Cu	Ag	Mn	Cr	Zr	Ti	過剰Mg	Zn+4.7Mg
1	5.16*	1.25	0.25	Tr.	Tr.	Tr.	0.13	0.02	0.29	11.04 *
2	5.90	1.25	0.24	Tr.	Tr.	Tr.	0.14	0.02	0.15	11.77
3	6.85	1.35	0.23	0.11	Tr.	Tr.	0.13	0.02	0.08 *	13.20
4	5.13*	1.03	0.25	Tr.	Tr.	Tr.	0.15	0.02	0.08 *	9.97 *
5	5.23*	1.60	0.24	Tr.	Tr.	Tr.	0.06	0.02	0.63	12.75
6	5.95	1.65	0.21	Tr.	Tr.	Tr.	0.15	0.03	0.54 *	13.71
7	5.56	1.37	0.23	Tr.	Tr.	Tr.	0.16	0.02	0.34	12.00
8	5.43	1.33	0.20	0.024	Tr.	Tr.	0.15	0.02	0.32	11.68
9	5.98	1.24	0.51	Tr.	Tr.	Tr.	0.15	0.02	0.13 *	11.81
10	6.56	1.28	0.22	Tr.	Tr.	Tr.	0.15	0.02	0.06 *	12.58
11	5.32*	1.14	Tr.	0.06	Tr.	Tr.	0.14	0.02	0.15	10.68 *
12	5.24*	1.16	0.25	Tr.	0.15	0.10	0.15	0.02	0.19	10.69 *
13	4.66*	1.12	0.26	Tr.	Tr.	Tr.	0.11	0.02	0.25	9.92 *
14	7.15*	1.40	0.23	0.10	Tr.	Tr.	0.14	0.03	0.07 *	13.73
15	5.84	0.84	0.24	Tr.	Tr.	Tr.	0.14	0.02	-0.25 *	9.79 *
16	5.96	1.85	0.25	Tr.	Tr.	Tr.	0.15	0.02	0.74 *	14.66 *
17	5.23*	1.80	0.25	Tr.	Tr.	Tr.	0.16	0.03	0.83 *	13.69
18	6.11	1.80	0.28	Tr.	Tr.	Tr.	0.15	0.02	0.66 *	14.57 *
19	5.86	1.25	0.05*	Tr. *	Tr.	Tr.	0.14	0.02	0.16	11.74
20	5.67	1.23	0.83*	0.13	Tr.	Tr.	0.15	0.03	0.18	11.45 *
21	5.65	1.24	0.26	Tr.	Tr. *	Tr. *	Tr. *	0.02	0.19	11.48 *
22	5.62	1.21	0.21	Tr.	Tr.	Tr.	0.32*	0.02	0.17	11.31 *

*クレーム規定範囲外の箇所

【 0 0 1 8 】

上記供試材及び T 6 材を用いて以下の試験を行った。その結果を表 2 に示す。

引張試験；

前記供試材 (T 5 材) 及び T 6 材から J I S 1 3 号 B 試験片を採取し、 J I S - Z 2 2 4 1 の引張試験法に従って、引張強さ、耐力及び伸びを測定した。表 2 に示す機械的性質は供試材 (T 5 材) のものである。供試材 (T 5 材) の引張強さ及び耐力が、 T 6 材の 9 0 % 以上を押出性、 8 0 % 以上 9 0 % 未満を押出性、 8 0 % 未満を押出性 × と評価し、耐力 3 8 0 N / m m ² 以上かつ押出性 以上を合格とした。また、伸びについては 1 2 % 以上を合格とした。

【 0 0 1 9 】

S C C 試験；

クロム酸促進法による耐力腐食割れ試験を行った。各供試材から溶着部を避けて押出方向に平行に板状試験片を採取し、 J I S - H 8 7 1 1 に準じて押出方向に耐力比 9 5 % に相当する引張応力を負荷した状態で、 9 0 の試験溶液に最大 1 0 時間まで浸漬し、 S C C を目視で観察した。なお、応力負荷はジグのボルト・ナットを締めることにより試験片の外表面に引張応力を発生させ、応力値はこの外表面に接着した歪みゲージによって測定した。また、試験溶液は蒸留水に酸化クロム 3 6 g、 2 クロム酸カリウム 3 0 g 及び塩化ナトリウム 3 g (1 リットル当たり) を加えて作製した。 0 . 5 時間毎に S C C 発生の有無を観察し、 1 0 時間 S C C が発生しなかったものを、 6 時間以上 1 0 時間未満で S

ＣＣが発生したものを、6時間までにＳＣＣが発生したものを×と評価し、以上を合格とした。

【0020】

ミクロ組織；

ＳＣＣ試験で又は×と評価された供試材について、押出方向に平行に長さ20mmの試験材を採取し、非溶着部の押出平行断面をケラー液でエッチングした後、外側表面（中空材の外側表面に相当する部位）のミクロ組織を観察した。表面再結晶層の厚さが20μm以上の供試材は、表面再結晶層が厚いために耐ＳＣＣ性が低下したと判断し、表2のミクロ組織の欄に×を付した。表面再結晶層厚さが20μm未満のものは、ミクロ組織自体には問題なしと判断し、表2のミクロ組織の欄に○を付した。なお、図3はNo.21の供試材のミクロ組織（顕微鏡写真）であり、表面再結晶層の厚みが両矢印で示され、粗大化した表面再結晶粒が観察される。

【0021】

【表2】

表2 各特性

No.	機械的性質			ミクロ組織	押出性	耐ＳＣＣ性
	引張強さ N/mm ²	耐力 N/mm ²	伸び %			
1	451	403	14.2	—	○	○
2	482	429	13.5	—	○	○
3	505	446	13.8	—	○	○
4	435	389	13.6	—	○	○
5	463	413	13.9	—	△	○
6	479	432	14.0	—	○	○
7	481	430	14.3	—	○	○
8	480	423	13.8	—	○	○
9	495	434	14.0	—	○	○
10	502	454	14.3	○	○	△
11	441	396	14.3	—	○	○
12	433	390	14.2	—	○	○
13	415	362 *	14.1	—	○	○
14	505	451	14.7	○	○	× *
15	399	353 *	12.9	—	○	○
16	476	427	14.0	○	× *	× *
17	453	407	13.9	—	× *	○
18	489	438	13.5	○	△	× *
19	473	418	14.3	○	○	× *
20	383	342 *	13.2	—	× *	○
21	465	407	13.7	×	○	× *
22	459	414	8.2 *	—	○	○

【0022】

表2に示すように、No.1～12（このうち本発明の規定範囲内の組成を有するものはNo.2,7,8）は、耐力及び伸びが大きく、同時に押出性と耐ＳＣＣ性にも優れている。No.3はZn量が6.3質量%を超えているが、CuとAgの両方が添加されたことにより耐ＳＣＣ性が優れる。No.10はZn量が6.3質量%を超え、Agの添加がないことにより、他の実施例に比べて耐ＳＣＣ性がやや劣る。No.11はCuの添

10

20

30

40

50

加がない(0.01%以下)が、Agが添加されているため、耐SCC性が優れる。

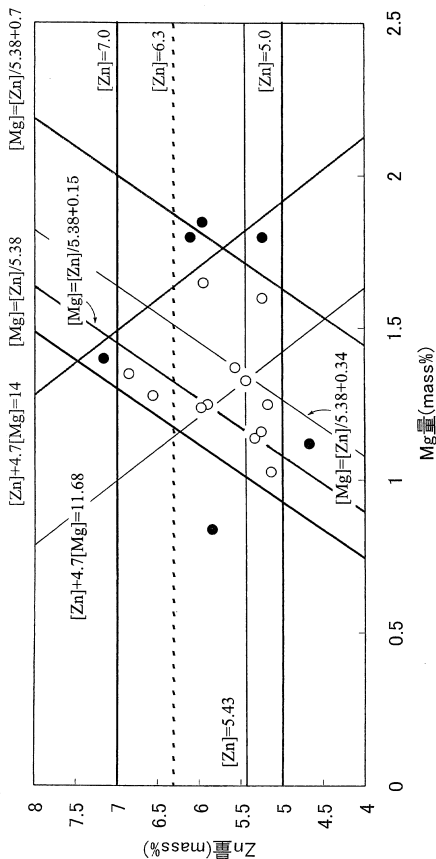
【0023】

これに対し、No.13はZn量が下限未満であるためMgZn2量が少なく、強度が低い。No.14はZn量が7.0%を超えているため、CuとAgの両方が添加されているが、耐SCC性が低い。No.15は過剰Zn側(Mg含有量が前記(2)式の下限以下)であるためMgZn2量が少なく、強度が低い。No.16は過剰Mg量が多すぎる(Mg含有量が前記(2)式の上限超え)ため押出性が低く、さらにZn+4.7Mgが前記(3)式の上限を超えているため耐SCC性が低い。No.17は過剰Mg量が多すぎる(Mg含有量が前記(2)式の上限超え)ため押出性が低い。No.18はZn+4.7Mgが前記(3)式の上限を超えているため耐SCC性が低い。

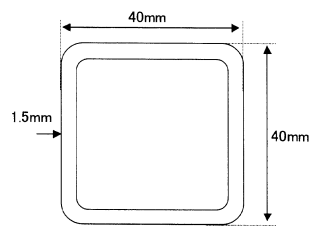
【0024】

No.19はCu量及びAg量が下限未満であるため耐SCC性が低い。No.20はCu量が上限を超えているため押出性が低く、さらに焼入れ感受性が鋭く、空冷では焼き入れできず強度が低い。No.21はMn、Cr及びZrがいずれも下限未満であるため表面再結晶粒が粗大化し(図3参照)、耐SCC性が低い。No.19はZrが上限を超えているため粗大晶出物が形成し、伸びが低い。

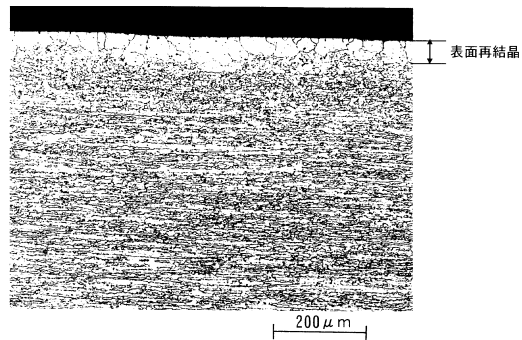
【図1】



【図2】



【図3】



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 4 0 A
	C 2 2 F	1/00	6 8 1
	C 2 2 F	1/00	6 8 2
	C 2 2 F	1/00	6 8 3
	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 2 A
	C 2 2 F	1/00	6 9 2 B

- (56)参考文献 特開2011-144396(JP,A)
 特開平08-144031(JP,A)
 特開平06-212338(JP,A)
 特開2001-140029(JP,A)
 特開2001-026834(JP,A)
 特開2000-248327(JP,A)
 特開平07-164880(JP,A)
 特開2001-115227(JP,A)
 特開平05-311309(JP,A)
 特開平11-314521(JP,A)
 特開平01-275733(JP,A)
 特開平05-247575(JP,A)
 特開平07-268533(JP,A)
 特開平08-269651(JP,A)
 特開2008-274441(JP,A)
 特開平02-047235(JP,A)
 特開平03-122248(JP,A)
 特開2002-067693(JP,A)
 国際公開第2008/123184(WO,A1)
 特開2007-245987(JP,A)
 特開平10-015120(JP,A)
 特公昭39-022477(JP,B1)
 特開2006-316295(JP,A)
 特開平09-310141(JP,A)
 特開平11-071624(JP,A)
 特開平11-264044(JP,A)
 特開2002-362157(JP,A)
 特開2006-233336(JP,A)
 特開2007-100157(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C 2 2 C 2 1 / 0 0 - 2 1 / 1 8
 C 2 2 F 1 / 0 4 - 1 / 0 5 7
 C 2 2 F 1 / 0 0