

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局

(43) 国際公開日  
2016年8月18日(18.08.2016)



(10) 国際公開番号  
**WO 2016/129127 A1**

- (51) 国際特許分類:  
*C22C 21/02* (2006.01) *B62D 21/00* (2006.01)  
*B21J 5/00* (2006.01) *C22F 1/00* (2006.01)  
*B21K 1/26* (2006.01) *C22F 1/04* (2006.01)  
*B60G 7/00* (2006.01) *C22F 1/05* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/054188
- (22) 国際出願日: 2015年2月10日(10.02.2015)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 昭和電工株式会社(SHOWA DENKO K.K.)  
[JP/JP]; 〒1058518 東京都港区芝大門一丁目13番9号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 竹村 英貴(TAKEMURA, Hideki); 〒9660845 福島県喜多方市字長内7840 昭和電工株式会社 喜多方事業所内 Fukushima (JP).
- (74) 代理人: 福田 賢三, 外(FUKUDA, Kenzo et al.); 〒1050003 東京都港区西新橋一丁目6番13号柏屋ビル Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA,

BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

(54) Title: ALUMINUM ALLOY PLASTIC WORKED ARTICLE, METHOD FOR MANUFACTURING SAME, AND AUTO-MOBILE COMPONENT

(54) 発明の名称: アルミニウム合金製塑性加工品、その製造方法及び自動車用部品

図1(a)

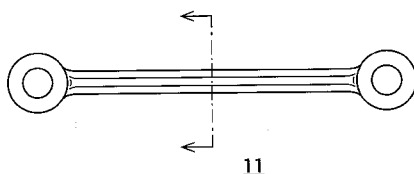
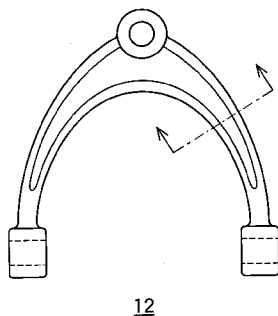


図1(b)



(57) Abstract: To obtain an aluminum alloy plastic worked article in which is formed an aluminum structural state having satisfactory corrosion resistance and mechanical characteristics such as strength, yield strength, and elongation. An aluminum alloy plastic worked article comprising a thickness-reduced region 22 formed by plastic working and rib regions 21 formed at both ends of the thickness-reduced region 22, the aluminum alloy plastic worked article being provided with a plastic worked part substantially H-shaped or substantially U-shaped in cross-section, is configured as a plastic worked part 2 having a strained portion 23 in which a maximum equivalent strain of 4.0 mm/mm generated by plastic working is inherent, and the strained portion 23 is configured from an unrecrystallized structure N of aluminum (element symbol: Al) which is not recrystallized and is positioned in the vicinity of the surface of the plastic worked part 2 at the boundaries between the thickness-reduced region 22 and the rib regions 21, or an unrecrystallized structure N and a microcrystalline structure M of aluminum which is recrystallized but has a crystal grain size of 500  $\mu\text{m}$  or less.

(57) 要約: 耐食性及びその強度、耐力、伸び等の機械的特性が好ましいアルミニウムの組織状態を形成したアルミ合金製塑性加工品を得る。塑性加工により形成される肉盗み領域22と、この肉盗み領域22の両端に形成されるリブ領域21とからなり、断面が略H形状又は略U形状となる塑性加工部を備えたアルミニウム合金製塑性加工品を、塑性加工により発生する最大で4.0 mm/mmの相当歪みが内在している歪み部位23を有する塑性加工部2とし、この歪み部位23を、肉盗み領域22とリブ領域21との境界において、再結晶化されていないアルミニウム(元素記号: Al)の未再結晶組織Nで構成し、又は、未再結晶組織Nと、再結晶化されるが、その結晶粒が500  $\mu\text{m}$ 以下であるアルミニウムの微細結晶組織Mとで構成する。

て、塑性加工部2の表面近傍に位置させ、再結晶化されていないアルミニウム(元素記号: Al)の未再結晶組織Nで構成し、又は、未再結晶組織Nと、再結晶化されるが、その結晶粒が500  $\mu\text{m}$ 以下であるアルミニウムの微細結晶組織Mとで構成する。

WO 2016/129127 A1

## 明 細 書

## 発明の名称

アルミニウム合金製塑性加工品、その製造方法及び自動車用部品

5

## 技術分野

本発明は、Al-Mg-Si系アルミニウム合金の鋳塊から製造したアルミニウム合金製塑性加工品、その製造方法及び自動車用部品に関する。

## 10 背景技術

近年、Al-Mg-Si系アルミニウム合金の鋳塊から製造したアルミニウム合金製塑性加工品が、車両、船舶、航空機、自動車又は自動二輪等の輸送機の構造材（部品）として使用されている。Al-Mg-Si系アルミニウム合金が、加工性に優れ、高強度で、耐食性も備えているからである。

15 例えば、Al-Mg-Si系アルミニウム合金の一種であるA6061が、サスペンションアーム等の自動車部品に多用されている。しかし、車体の軽量化を目的として、A6061よりも更に軽量な材料が要請されている。これに対応するため、Al-Mg-Siアルミニウム系合金の高強度化を通じ、必要な合金量を減らすことが試みられている。

20 例えば、Al-Mg-Si系アルミニウム合金の高強度化を図るため、過剰Si量としたり、Cu元素の添加量を増加したりすることが試みられている。特に、Cu元素の添加量の増加は、Mg<sub>2</sub>Siの析出を促進させるので強度が向上し、また、Cu元素がマトリクスに固溶して強度が向上するので、高強度化において有効な手段となる可能性がある。しかし、Cu元素量が0  
25 0.5%以上になると、粒界腐食の感受性が高くなるので、Al-Mg-Si系アルミニウム合金を腐食環境下で使用した際に、応力腐食割れが引き起こされる恐れがある。

従来の技術として、クロム、マンガン、ジルコニウム等の遷移元素を添加し、結晶粒径や晶出物を微細化することで粒界腐食や応力腐食割れを防ぎ、Al-Mg-Si系アルミニウム合金の耐食性の向上を図ることが知られている。

- 5 例えば、高強度高靱性アルミニウム合金鍛造材を提供することを目的として、下記特許文献1に次のことが開示されている。

Mg : 0.6 ~ 1.6 % (質量%、以下同じ)、Si : 0.6 ~ 1.8 %  
、Cu : 0.05 ~ 1.0 %を含むとともに、Feを0.30 %以下に規制し、Mn : 0.15 ~ 0.6 %、Cr : 0.1 ~ 0.2 %、Zr : 0.1 ~  
10 0.2 %の一種または二種以上を含み、更に、水素 : 0.25 cc / 100 g Al以下とし、残部がAlおよび不可避免の不純物からなるアルミニウム合金鍛造材において、10 °C / sec以上の冷却速度で鑄造されたアルミニウム合金鑄塊を、530 ~ 600 °Cの温度で均質化熱処理した後に、熱間鍛造して鍛造材とし、該鍛造材におけるアルミニウム合金組織中のMg<sub>2</sub>SiとAl  
15 I-Fe-Si-(Mn、Cr、Zr)系の晶出物の合計の面積率を単位面積当たり1.5 %以下とすること。

また、高強度高靱性であるとともに、耐食性や耐久性に優れたアルミニウム合金鍛造材を提供することを目的として、下記特許文献2に次のことが開示されている。

- 20 Mg : 0.6 ~ 1.8 % (質量%、以下同じ)、Si : 0.6 ~ 1.8 %  
を含み、更に、Cr : 0.1 ~ 0.2 %およびZr : 0.1 ~ 0.2 %の一種または二種を含むとともに、Cu : 0.25 %以下、Mn : 0.05 %以下、Fe : 0.30 %以下、水素 : 0.25 cc / 100 g Al以下に各々規制し、残部がAlおよび不可避免の不純物からなるアルミニウム合金鍛造材  
25 において、アルミニウム合金組織の粒界上に存在するMg<sub>2</sub>SiやAl-Fe-Si-(Mn、Cr、Zr)系晶析出物(晶出物や析出物)の平均粒径を1.2 μm以下とするとともに、これら晶析出物同士の平均間隔を3.0 μ



## 発明の概要

### 発明が解決しようとする課題

発明者らは、塑性加工によって加工歪みが加わったアルミニウム合金に対して溶体化処理を行うことで発生するアルミニウムの再結晶組織の形態が、  
5 Al-Mg-Si系アルミニウム合金製塑性加工品の強度、耐力及び伸び等の各種の性能に影響を及ぼすことを見いだした。すなわち、溶体化処理によりアルミニウムが粗大に再結晶化する粗大再結晶組織の形態を有するようになると、Al-Mg-Si系アルミニウム合金製塑性加工品の強度、耐力及び  
10 伸び等の各種の性能が低下する傾向にあることが分かってきた。また、アルミニウム合金素材の鋳造時の組織状態が、加工歪みが加わった後にも維持されることで、好ましい強度、耐力及び伸び等の各種の性能が得られることも分かってきた。

さらに、Al-Mg-Si系アルミニウム合金素材に含まれる遷移金属であるクロム、マンガン、鉄等の析出物の存在やその種類が、アルミニウムの  
15 再結晶化に影響を及ぼすことを突き止めた。アルミニウムの再結晶化時に起こる粒界の移動が、これらの遷移金属の析出物によって阻害される等の影響が出るからである。

本発明は、上記実情に鑑み提案され、加工歪みが加わった後に溶体化処理されても好ましいアルミニウムの組織状態を形成、維持することで、強度、耐力  
20 及び伸び等で好ましい性能を得ることのできるAl-Mg-Si系アルミニウム合金製塑性加工品に係る。そして、高強度化とともに耐食性が向上し、薄肉化を可能にして確実に軽量化することができるAl-Mg-Si系アルミニウム合金製塑性加工品、その製造方法及び自動車用部品を提供することを目的とする。  
25

### 課題を解決するための手段

上記目的を達成するために、本発明は、塑性加工により形成される肉盗み領域と、この肉盗み領域の両端に形成されるリブ領域とからなり、断面が略H字形状又は略U字形状となる塑性加工部を備えたアルミニウム合金製塑性加工品であって、前記塑性加工部に、塑性加工により発生する最大で4.0 mm/mmの相当歪みが内在している歪み部位を有し、前記歪み部位が、前記肉盗み領域と前記リブ領域との境界であって、前記塑性加工部の表面近傍に位置し、前記歪み部位が、再結晶化されていないアルミニウム（元素記号：Al）の未再結晶組織で構成され、又は、前記未再結晶組織と、再結晶化されるが、その結晶粒が500 μm以下である前記アルミニウムの微細結晶組織とで構成されることを特徴とする。

上記アルミニウム合金製塑性加工品において、銅（元素記号：Cu）を0.15～0.5質量%、マグネシウム（元素記号：Mg）を0.8～1.15質量%、珪素（元素記号：Si）を0.95～1.15質量%、マンガン（元素記号：Mn）を0.4～0.6質量%、鉄（元素記号：Fe）を0.2～0.3質量%、クロム（元素記号：Cr）を0.11～0.19質量%、亜鉛（元素記号：Zn）を0.25質量%以下、ジルコニウム（元素記号：Zr）を0.05質量%以下、チタン（元素記号：Ti）を0.012～0.035質量%、ホウ素（元素記号：B）を0.0001～0.03質量%含有し、残りがアルミニウム及び不可避不純物からなる組成であって、前記リブ領域の幅方向長さをx（cm）、前記肉盗み領域の高さ方向長さをy（cm）、前記リブ領域の高さ方向長さをz（cm）で表したときに、前記マンガンの含有量（質量%）が下記〔数1〕の関係式を満たす、ことを特徴とする。

〔数1〕

$$\text{マンガン（質量\%）} = 0.4 \alpha \{ z / (x + y) + 0.25 \}$$

$$\text{但し、} z / (x + y) \geq 0.65$$

$$\alpha = 0.8 \sim 0.9$$

また、上記アルミニウム合金製塑性加工品が、自動車用部品であることを特徴とする。

さらに、本発明は、上記アルミニウム合金製塑性加工品を製造するアルミニウム合金製塑性加工品の製造方法であって、溶解鑄造を施し、前記溶解鑄造で得られた鑄造品に対して均質化処理及び塑性加工を施した後、溶体化処理、水焼き入れ処理及び人工時効硬化処理を施すことを特徴とする。

前記人工時効硬化処理は、時効処理温度が $170^{\circ}\text{C}$ 以上 $210^{\circ}\text{C}$ 以下、時効処理時間が $0.5$ 時間以上 $18$ 時間以下であることを特徴とする。

前記溶体化処理は、溶体化処理温度が $520^{\circ}\text{C}$ 以上 $560^{\circ}\text{C}$ 以下であり、前記水焼き入れ処理は、水焼き入れ処理温度が $70^{\circ}\text{C}$ 以下であることを特徴とする。

前記塑性加工は、押出加工、鍛造加工および圧延加工から選ばれる $1$ 種又は $2$ 種以上の組み合わせであることを特徴とする。

また、本発明は、上記アルミニウム合金製塑性加工品の製造方法を用いて得られることを特徴とする。

#### 発明の効果

本発明に係るアルミ合金製塑性加工品は、塑性加工によって加工歪みが加わった後に溶体化処理されても、好ましいアルミニウムの組織状態を形成、維持しているので、その強度、耐力及び伸び等で好ましい性能を得ることができる。具体的には、引っ張り強度で $380\text{MPa}$ 以上、 $0.2\%$ 耐力で $350\text{MPa}$ 以上、伸びで $10.0\%$ 以上という好ましい性能を得ることができる。また、所定の腐食液中に浸漬させたときの割れ等も確認されず、耐食性に優れている。したがって、高強度化し、耐食性が向上し、薄肉化が可能になるため、必要な合金量を減らして確実に軽量化することができる。このため、 $\text{Al}-\text{Mg}-\text{Si}$ 系合金製塑性加工品の用途を拡大することができ、例えば、軽量化への追求が激しい輸送機用途として自動車用部品に好適に採用することができる。

### 図面の簡単な説明

図 1 は、本発明に係るアルミニウム合金製塑性加工品の例であるサスペン  
ションアームの外観を概略で示す説明図であって、（a）は、いわゆるリニ  
5 アームの外観を示す概略説明図、（b）は、いわゆる A アームの外観を示  
す概略説明図である。

図 2 は、本発明に係るアルミニウム合金製塑性加工品の例であるサスペン  
ションアームの縦断面を概略で示す説明図であって、（a）は、その断面が  
略 H 字形状であるものを説明する概略説明図、（b）は、その断面が略 U 字  
10 形状であるものを説明する概略説明図である。

図 3 は、本発明に係るアルミニウム合金製塑性加工品の要部（歪み部位）  
に関し、未再結晶組織及び微細再結晶組織からなる組織状態であることを示  
す顕微鏡写真である。

図 4 は、参考例のアルミニウム合金製塑性加工品において、加工歪みが加  
15 わった部位の組織状態が粗大再結晶組織となっていることを示す顕微鏡写真  
である。

図 5 は、本発明の製造ラインの一例を示す概略説明図である。

図 6 は、本発明に係るアルミニウム合金製塑性加工品（実施例 1）の歪み  
部位に関し、歪み量（相当歪み）の大きさと組織状態との関係を模式的に示  
20 した模式図である。

図 7 は、従来例のアルミニウム合金製塑性加工品（比較例 1）の歪み部位  
に関し、歪み量（相当歪み）の大きさと組織状態との関係を模式的に示した  
模式図である。

図 8 は、従来例のアルミニウム合金製塑性加工品（比較例 2）の歪み部位  
25 に関し、歪み量（相当歪み）の大きさと組織状態との関係を模式的に示した  
模式図である。

図 9 は、実施例 1、比較例 1 及び比較例 2 の間で、歪み部位における歪み

量（相当歪み）の大きさと引張強度との関係を比較して示したグラフである。

図 10 は、実施例 1、比較例 1 及び比較例 2 の間で、歪み部位における歪み量（相当歪み）の大きさと 0.2% 耐力との関係を比較して示したグラフである。

図 11 は、実施例 1、比較例 1 及び比較例 2 の間で、歪み部位における歪み量（相当歪み）の大きさと伸び（%）との関係を比較して示したグラフである。

#### 10 発明を実施するための形態

以下、本発明に係るアルミニウム合金製塑性加工品に関する実施形態を、図面を参照しつつ説明する。以下に説明する実施形態は、本発明の一例であるサスペンションアームに関する。本発明は、特許請求の範囲に記載された事項を逸脱することがなければ、種々の設計変更を行うことが可能である。

15 本発明は、例えば、図 1（a）、（b）に示すような自動車用部品である直線棒状のリニアアーム 11 又は、アルファベットの A の形に似た A アーム 12 と呼ばれるサスペンションアーム等に適用され得るアルミニウム合金製塑性加工品に係る。図 2（a）に示すように、本発明に係るアルミニウム合金製塑性加工品は、断面が略 H 字形状であり、この略 H 字形状の両端部分であるリブ領域 21 と、このリブ領域 21 を連絡する連絡部分である肉盗み領域 22 からなる塑性加工部 2 を備えて構成される。なお、本発明は、図 2（b）に示すように、リブ領域 21a と肉盗み領域 22a とからなり、断面が略 U 字形状である塑性加工部 2a を備えて構成されるアルミニウム合金製塑性加工品も、特許発明の技術的範囲に含まれる。

25 本発明に係るアルミニウム合金製塑性加工品は、所定の組成からなるアルミニウム合金素材に対して溶解鑄造を施し、溶解鑄造で得られた鑄造品に対して均質化処理及び塑性加工を施した後、溶体化処理、水焼き入れ処理及び

人工時効硬化処理を施して製造される。

鑄造品に対して塑性加工が施されることにより、肉盗み領域 2 2 が形成される。肉盗み領域 2 2 が形成されることにより、この肉盗み領域 2 2 の両端にリブ領域 2 1 が形成される。すなわち、本発明に係るアルミニウム合金製  
5 塑性加工品における塑性加工部 2 が断面視で略 H 字形状又は略 U 字形状に、塑性加工により形成される。なお、略 H 字形状又は略 U 字形状は、断面円形又は断面矩形のアルミニウム合金よりも、断面効率と呼ばれる重量当たりの曲げ剛性や曲げ強度において優れる形状である。

本発明に係るアルミニウム合金製塑性加工品は、この塑性加工部 2 において、塑性加工によって発生する加工歪みとして、最大で 4. 0 mm/mm の  
10 相当歪みが内在する歪み部位 2 3 を有している。この歪み部位 2 3 は、肉盗み領域 2 2 とリブ領域 2 1 との境界であって、塑性加工部 2 の表面近傍に位置している（図 2（b）において歪み部位は、2 3 a で示される。）。相当歪みとは、有効歪みとも呼ばれ、一般の多軸ひずみ状態において、それまで  
15 に受けた塑性変形の大きさを評価し、比較するために計算される歪み値をいう。変形途中の微小時間に生じるひずみ増分について、相当応力と類似の考え方に基づいて相当歪み増分を定義し、この相当歪み増分を積分して相当歪みを求める。一般に、相当歪みによって材料の加工硬化や変形抵抗の変化が決まるとされる。

20 歪み部位 2 3 は、図 3 に示すように、塑性加工が施され、加工歪みが加わった後の溶体化処理によっても、アルミニウム（元素記号：Al）の再結晶化が起こっていない未再結晶組織 N を有している。また、塑性加工が施され、加工歪みが加わった後の溶体化処理によってアルミニウムが再結晶化して形成される最大径（最大長さ）が 500  $\mu$ m 以下の結晶粒からなる微細結晶  
25 組織 M を有している。未再結晶組織 N を構成する結晶粒の粒径は、微細結晶組織 M を構成する結晶粒の 1 ~ 1 / 2 倍である。図 3 中の黒枠内部が、微細結晶組織 M を示し、黒枠外部が未再結晶組織 N を示している。

すなわち、歪み部位 2 3 は、未再結晶組織 N 及び微細結晶組織 M で構成されている。このような組織形態により、本発明に係るアルミニウム合金製塑性加工品は、後述するように、その強度、耐力及び伸び等の各種の性能が優れている。なお、未再結晶組織とは、アルミニウム合金素材に対して溶解鑄造が施されたときに生成された結晶が、再結晶化されないでそのまま残っている組織をいう。図 3 において、晶出物が粒界に存在していることが認められる。本発明の歪み部位 2 3 が未再結晶組織 N のみからなるアルミニウム合金製塑性加工品も、その強度、耐力及び伸び等の各種の性能が優れ、特許発明の技術的範囲に含まれる。

10      また、再結晶化とは、溶体化処理が施されることにより、加工歪みが加わっている部位で生成される結晶をいう。図 4 に参考例として、加工歪みが加わった部位が、溶体化処理によりアルミニウムが粗大に再結晶化し、粗大再結晶組織 L と呼ばれる組織形態になった顕微鏡写真を示す。粗大再結晶組織 L を構成する結晶粒の粒径は、未再結晶組織 N を構成する結晶粒の 10 ~ 50 倍となる。このような組織形態を有する Al-Mg-Si 系アルミニウム合金製塑性加工品は、後述するように、その強度、耐力及び伸び等の性能が、本発明に係るアルミニウム合金製塑性加工品に比べて劣っている。

20      また、粗大再結晶組織 L は、耐食性という観点からも好ましくない。粒界腐食が粒界に沿って進展するため、結晶粒が粗大であればあるほど、腐食によって深い切り欠が形成されてしまう。すなわち腐食減量が増加してしまうからである。

25      したがって、本発明に係るアルミニウム合金製塑性加工品は、歪み部位 2 3 が、再結晶化されていないアルミニウムの未再結晶組織 N のみで構成されている形態を含む。さらに、本発明に係るアルミニウム合金製塑性加工品は、歪み部位 2 3 が、この未再結晶組織 N と、その結晶粒の最大径が 500  $\mu$ m 以下の再結晶化されたアルミニウムの微細結晶組織 M とで構成されている形態を含む。

本発明に係るアルミニウム合金製塑性加工品の歪み部位 2 3 が、図 3 に示すような未再結晶組織 N、及び微細結晶組織 M からなる理由は、以下のとおりであると考えられる。

歪み部位 2 3 において未再結晶組織 N が形成されるのは、本発明に係るアルミニウム合金製塑性加工品の組成に含まれるクロム、マンガン、鉄等の遷移金属系の微細析出物で、アルミニウムの結晶粒界がピンニングされて固定されるからである。これにより、アルミニウムの結晶粒界が、溶体化処理によっても移動することができず、鑄造時に生成された結晶が、再結晶化されないでそのまま残る。アルミニウムの結晶粒界が確実にピンニングされて固定されるのは、歪み部位 2 3 のアルミニウムの加工歪みの量が所定量以下（例えば、相当歪みとして  $4.0 \text{ mm/mm}$  以下）の場合である。

歪み部位 2 3 において微細結晶組織 M が形成されるのは、本発明に係るアルミニウム合金製塑性加工品の組成に含まれるクロム、マンガン、鉄等の遷移金属系の微細析出物で、アルミニウムの結晶粒界がピンニングされ、移動が抑制されるからである。これにより、アルミニウムの結晶粒界は、溶体化処理によっても移動することが抑制され、再結晶化される場合であっても、その結晶粒の最大径が  $500 \mu\text{m}$  以下にとどまる。さらに、強度、耐力及び伸び等の各種の性能が特に優れ、好ましい形態となるアルミニウム合金製塑性加工品である場合、アルミニウムの再結晶化された結晶粒の最大径は  $100 \mu\text{m}$  となる。すなわち粗大化することがなくなる。

本発明に係るアルミニウム合金製塑性加工品の組成において、歪み部位 2 3 のアルミニウムの加工歪みの量が所定量以下であれば、特に、相当歪みとして  $4.0 \text{ mm/mm}$  以下であれば、アルミニウムの結晶粒界がピンニングされ、移動が抑制されることが確認できる。結晶粒の大きさ（粒径）は、例えば光学顕微鏡写真上での切片法により測定することができる。

本発明に係るアルミニウム合金製塑性加工品は、Al-Mg-Si 系アルミニウム合金である。その組成は、銅（元素記号：Cu）を  $0.15 \sim 0.$

5 質量%、マグネシウム（元素記号：Mg）を0.8～1.15質量%、珪素（元素記号：Si）を0.95～1.15質量%、マンガン（元素記号：Mn）を0.4～0.6質量%、鉄（元素記号：Fe）を0.2～0.3質量%、クロム（元素記号：Cr）を0.11～0.19質量%、亜鉛（元素  
5 記号：Zn）を0.25質量%以下、ジルコニウム（元素記号：Zr）を0.05質量%以下、チタン（元素記号：Ti）を0.012～0.035質量%、ホウ素（元素記号：B）を0.0001～0.03質量%含有し、残りがアルミニウム及び不可避不純物からなる。

Siは、Mgと共存してケイ化マグネシウム（組成式：Mg<sub>2</sub>Si）系析出  
10 物を形成し、最終製品の強度向上に寄与する。Siを後述するMgの量に対してMg<sub>2</sub>Siを生成する量を越えて過剰に添加することにより、時効処理後の最終製品の強度がさらに高まるため、Siの含有量は0.95質量%以上が望ましい。一方、Siの含有量が1.15質量%を越えると、Siの粒界析出が多くなり、粒界脆化が生じ易く、鋳塊の塑性加工性、および最終製品  
15 の靱性が低下する恐れがある。また、Siの含有量が1.15質量%を越えると、鋳塊の晶出物の平均粒径が所定の上限を越える恐れがある。したがって、Siの含有量は、0.95質量%～1.15質量%の範囲にするのが好ましい。

Mgは、Siと共存してMg<sub>2</sub>Si系析出物を形成し、最終製品の強度向上  
20 に寄与する。Mgの含有量が0.8質量%よりも少ないと、析出強化の効果が少なくなる恐れがある。一方、Mgの含有量が1.15質量%を越えると、鋳塊の塑性加工性、および最終製品の靱性が低下する恐れがある。また、Mgの含有量が1.15質量%を越えると、鋳塊の晶出物の平均粒径が所定の上限を越えるおそれがある。したがって、Mgの含有量は、0.8質量%  
25 ～1.15質量%の範囲にするのが好ましい。

Cuは、Mg<sub>2</sub>Si系析出物の見かけの過飽和量を増加させ、Mg<sub>2</sub>Si析出量を増加させることにより、最終製品の時効硬化を著しく促進させる。C

特に、Mnの含有量（質量％）は、0.4質量％～0.6質量％である。

さらに、リブ領域21の幅方向長さをx（cm）、肉盗み領域22の高さ方向長さをy（cm）、リブ領域21の高さ方向長さをz（cm）で表したとき（図2（a）、（b）に例示される塑性加工部2の断面形状を参照）、下記〔数2〕の関係式を満たす。そのようなMnの含有量とすることにより、遷移金属系の微細析出物により、アルミニウムの結晶粒界をピンニングし、再結晶化を抑制する効果を好適に得ることができる。

$$\alpha = 0,8 \sim 0,9$$

CrはAlCrSi相として晶出し、晶出しないCrは、析出して再結晶を抑制する。この再結晶を抑制する作用により、塑性加工後も結晶粒を微細にし、最終製品の靱性向上および耐食性向上の効果がもたらされる。Crの含有量が0.1質量%よりも少ないと、そのような効果が少なくなる恐れが

ある。一方、C rの含有量が0. 2質量%を越えると、巨大金属間化合物が生じ、本発明の鑄塊組織が満たされなくなる恐れがある。したがって、C rの含有量は、0. 11質量%~0. 19質量%の範囲にするのが好ましい。

5 F eは、合金中でA l、S iと結合して晶出するとともに、結晶粒の粗大化を防止する。F eの含有量が0. 2質量%より少ないと、そのような効果が得られなくなる恐れがある。また、F eの含有量が0. 3質量%を越えると、粗大な金属間化合物を生成するようになり、塑性加工性が悪化する恐れがある。したがって、F eの含有量は、0. 2質量%~0. 3質量%にするのが好ましい。

10 Z nは不純物として扱われる。Z nの含有量は0. 25質量%を超えるとアルミニウムの腐食自体が促進され、耐食性が劣化するため、0. 25質量%以下にするのが好ましい。

Z rは不純物として扱われる。Z rの含有量は0. 05質量%を超えると、A l-T i-B系合金の結晶粒微細化効果が弱められ、塑性加工後の加工品の強度低下を招くため、0. 05質量%以下にするのが好ましい。

T iは、結晶粒の微細化を図る上で有効な合金元素である。さらに、T iによって、連続鑄造棒に鑄塊割れなどが発生するのを防止することができる。T iの含有量が0. 012質量%よりも少ないと、微細化効果が得られない恐れがある。一方、T iの含有量が0. 035質量%を越えると、粗大なT i化合物が晶出し、靱性が劣化する恐れがある。したがって、T iの含有量は、0. 012質量%~0. 035質量%の範囲にするのが好ましい。

BもT iと同様に、結晶粒の微細化に有効な元素である。Bの含有量が0. 0001質量%よりも少ないと、微細化効果が得られない恐れがある。一方、Bの含有量が0. 03質量%を越えると、靱性が劣化する恐れがある。したがって、Bの含有量は、0. 0001質量%~0. 03質量%の範囲にするのが好ましい。

本発明に係るアルミニウム合金製塑性加工品は、 $z / (x + y) \geq 0. 6$

5 (但し、 $x$ は、リブ領域21の幅方向長さ (cm) であり、 $y$ は、肉盗み領域22の高さ方向長さ (cm) であり、 $z$ は、リブ領域21の高さ方向長さ (cm) である。図2 (a)、(b) 参照) で規定されるリブ領域21や肉盗み領域22の形状を備え、その合金を構成する各元素の組成が上述した  
5 ような所定の範囲で特定される。

すなわち、本発明は、リブ領域21や肉盗み領域22を有するアルミニウム合金製塑性加工品であって、そのリブ領域21や肉盗み領域22の形状が、 $z / (x + y) \geq 0.65$  (但し、 $x$ は、リブ領域21の幅方向長さ (cm) であり、 $y$ は、肉盗み領域22の高さ方向長さ (cm) であり、 $z$ は、  
10 リブ領域21の高さ方向長さ (cm) である。図2 (a)、(b) 参照) で特定される。かつ、本発明は、その合金を構成する各元素の組成が上述したような所定の範囲で特定されるものが特許発明の技術的範囲となる。

このとき、歪み部位23がアルミニウムの未再結晶組織N及び微細結晶組織Mからなり、粗大再結晶組織Lが認められない本発明に係るアルミニウム  
15 合金製塑性加工品を得ることができる。そして、本発明に係るアルミニウム合金製塑性加工品は、引っ張り強度で380MPa以上、0.2%耐力で350MPa以上、伸びで10.0%以上という好ましい性能を得ることができる。また、所定の腐食液中に浸漬させたときの割れ等も確認されず、耐食性に優れている。

20 本発明に係るアルミニウム合金製塑性加工品の用途は、車両、輸送機の構造材とすることが好ましい。例えば、自動車部品、自動二輪部品、船舶部品、航空機部品、電車、貨物の車両部品などを挙げることができる。

さらに、アルミニウム合金製塑性加工品の自動車部品とし、アッパーアーム、ロアアーム、ナックル、コントロールアーム、ロアリンク、サブフレーム、コンプレッションロッド、トランスバースリンク等を挙げることができる。  
25 これらの部品における略H字形状又は略U字形状のリブ領域や肉盗み領域に相当する部分の形状は、 $z / (x + y) \geq 0.65$  (但し、 $x$ は、リブ

領域 2 1 の幅方向長さ (cm) であり、y は、肉盗み領域 2 2 の高さ方向長さ (cm) であり、z は、リブ領域 2 1 の高さ方向長さ (cm) である。図 2 (a)、(b) 参照) で規定される関係式を満たしている。

また、これらの部品は、その全体を本発明に係るアルミニウム合金製塑性加工品から製造することもできるが、本発明に係るアルミニウム合金製塑性加工品と他の部材を組み合わせ、又は接合して部品として製造することができる。すなわち本発明に係るアルミニウム合金製塑性加工品を部品の一部として用いることもできる。

以下、本発明に係るアルミニウム合金製塑性加工品の好ましい製造方法について説明していく。

まず、本発明に係るアルミニウム合金製塑性加工品の組成を構成する各元素が、その含有量の範囲内となるように調整され、溶解されているアルミニウム合金溶湯から、アルミニウム合金鑄塊を鑄造する。この場合、水平連続鑄造法、縦型連続鑄造法、連続鑄造圧延法、半連続鑄造法 (DC 鑄造法)、ホットトップ鑄造法、気体加圧連続鑄造法、気体加圧ホットトップ連続鑄造法等の溶解鑄造法の何れを選択しても、鑄造することができる。健全な鑄塊を得るため、鑄造温度  $750 \pm 50^{\circ}\text{C}$ 、鑄造速度  $240 \pm 50 \text{ mm/分}$  の条件で鑄造することが好ましい。

次に、得られた鑄塊に対し、 $470^{\circ}\text{C} \sim 540^{\circ}\text{C}$  で均質化処理を施す。この温度範囲で均質化処理を施すことにより、鑄塊の均質化と溶質原子の溶入化が十分になされ、その後の時効処理によって必要とされる強度が得られるからである。均質化処理における保持時間を、3 ~ 10 時間とすることができる。

均質化処理後に塑性加工を施し、必要に応じて、機械加工により所定の大きさに加工する。塑性加工は、加工時の素材の加熱温度を所定の範囲とする加工方法であれば、従来の塑性加工方法を用いることができる。

例えば、押出加工、鍛造加工又は圧延加工等の加工法を用いることができ

る。加工後の組織の再結晶を抑制して強度向上を図るため、素材の加熱温度を、 $[430 + \text{塑性加工率}(\%)]^{\circ}\text{C}$ 以上 $550^{\circ}\text{C}$ 以下の範囲に制御することが望ましい。塑性加工率を条件に入れた温度とすることで粗大再結晶の発生をより抑制し、その後の時効処理で強度をより一層向上させることができる。

塑性加工率(%)は、押出加工の場合、 $[(\text{変形を受ける断面積}) \div (\text{初期断面積}) \times 100](\%)$ で定義することができる。鍛造加工の一種の据込加工の場合、 $[(\text{変形した高さ}) \div (\text{初期高さ}) \times 100](\%)$ で定義することができる。また、多段で複数回の工程を経る塑性加工品の素材の加熱温度は、その最終形状についての塑性加工率(%)を上記式の条件に入れて算出すればよい。複雑な形状の塑性加工品の素材の加熱温度は、各部ごとの塑性加工率(%)を算出し、その平均値を上記式の条件に入れて算出すればよい。

塑性加工後は、溶体化処理、水焼入れ、および時効処理を施す。用途に応じ、例えば、車両、船舶、航空機、自動車あるいは自動二輪等の輸送機の構造材(部品)に必要とされる強度および耐食性を得るためである。

溶体化処理は、 $520 \sim 560^{\circ}\text{C}$ の範囲とするのが好ましい。溶体化温度が $520^{\circ}\text{C}$ 未満であると、 $\text{Mg}_2\text{Si}$ などが十分に固溶せず、その後の時効処理によって必要とされる強度が得られない恐れがある。また、溶体化温度が $560^{\circ}\text{C}$ を超えると、バーニング(局部溶解)が発生する恐れがある。また、溶体化処理の保持時間を、 $2 \sim 6$ 時間とすることができる。

溶体化処理後の水焼入れ処理は、水温を $70^{\circ}\text{C}$ 以下とする条件で行うのが好ましい。また、水焼入れ処理は水冷が望ましい。水温が $70^{\circ}\text{C}$ を超えた場合、焼入れの効果が得られずに、その後の時効処理によって必要な強度が得られない恐れがある。

その後、本発明に係るアルミニウム合金製塑性加工品は必要に応じてさらに機械加工、例えば切削加工、曲げ加工、絞り加工などが施され、車両、船

船、航空機、自動車あるいは自動二輪等の輸送機の構造材（部品）などに仕上げられる。

溶解鑄造したアルミニウム合金鑄塊の組織について説明する。鑄塊の結晶粒径の大きさは、塑性加工、その後の時効処理を施して得られるアルミニウム合金製塑性加工品の強度に大きく影響する。鑄塊におけるアルミニウムの結晶粒径が大きいと塑性加工後の強度向上が得られないため、結晶粒径の大きさを平均値で $300\mu\text{m}$ 以下にすることが好ましく、さらに好ましくは $250\mu\text{m}$ 以下とする。なお、アルミニウムの結晶粒径の大きさは、例えば光学顕微鏡写真上での切片法により測定することができる。

- 10 鑄塊のDAS（デンドライトアームスペース、Dendrite Arm Space）の大きさも、平均値で $40\mu\text{m}$ 以下にする必要があり、好ましくは $20\mu\text{m}$ 以下とする。DASの大きさが $40\mu\text{m}$ を超えると塑性加工、その後の時効処理を施して得られるアルミニウム合金製塑性加工品の強度が低下するからである。なお、DASの大きさは、例えば、一般社団法人軽金属学会発行の『軽金属（1988年）、vol. 38、No. 1、p. 45』に記載の『デンドライトアームスペースの測定方法』に従って測定することができる。

- 20 鑄塊の晶出物を含め、本願で記載される晶出物とは、AlMnSi相、 $\text{Mg}_2\text{Si}$ 相、FeおよびCrを含む2次相が、アルミニウムの結晶粒界に粒状や片状の形で晶出したものをいう。晶出物の平均粒径は、 $8\mu\text{m}$ 以下であれば塑性加工性に影響を与えないため、 $8\mu\text{m}$ 以下にする必要があり、好ましくは $6.8\mu\text{m}$ 以下にするのがよい。なお、晶出物の大きさは、例えば、顕微鏡を有した画像解析装置（ルーゼックス、Luzex：登録商標）でミクロ組織を同定し、個々の晶出物の断面積を円に換算したときの直径として測定できる。

- 25 本発明に係るアルミニウム合金製塑性加工品の好ましい製造方法に基づいて構成した製造ラインの一例を、図5を用いて説明する。

製造ラインは、合金溶解炉31、鑄造装置32、均質化处理炉33、素材

予備加熱装置 34、鍛造装置 35、機械加工装置 36、溶体化处理炉 37、焼き入れ装置 38、時効処理炉 39、酸洗装置 40、ショットブラスト装置 41、最終機械加工装置 42、および検査装置 43 から構成されている。

合金溶解炉 31 は、その炉内で合金組成を調整し、所定の温度に合金溶湯を保持する装置である。溶解保持炉、溶湯清浄装置を設けてもよい。

鑄造装置 32 は、合金溶湯を凝固させて鑄塊を得る装置である。冷却水温度、冷却水量などの冷却能を調整することによって凝固速度を調整することができる。

均質化处理炉 33 は、その炉内に鑄塊を挿入し、鑄塊に均質化处理を施す装置である。炉内を所定の温度状態となるように温度を制御することができる。

鑄塊は適当な成形加工、たとえば押出加工、機械加工、切断加工により、素材に加工される。

素材予備加熱装置 34 は、成形する素材に対して予め加熱処理を施す装置である。

鍛造装置 35 は、成形孔を有する上金型下金型を配置し、鑄塊を成形用素材として成形孔内にセットし、金型を上下稼動して塑性加工する装置である。必要に応じて、金型の成形孔に潤滑材塗布処理、素材に潤滑材塗布処理を施すための潤滑材噴霧装置を設けてもよい。

機械加工装置 36 は、塑性加工された成形品に切削、穴あけ、面取りなどの機械加工を施す装置である。製品仕様によっては省略することができる。

溶体化处理炉 37 は、塑性加工された成形品に溶体化处理を施す装置である。炉内が所定の温度状態となるように温度を制御することができる。

焼き入れ装置 38 は、高温状態の成形品を急冷する装置である。一定温度範囲に制御された水中に、成形品を投入して急冷する。

時効処理炉 39 は、時効処理を施す装置であり、炉内が所定の温度状態となるように温度を制御することができる。

酸洗装置 40 は、成形品を酸溶液で洗浄する装置である。製品仕様によっては省略することができる。

ショットブラスト装置 41 は、成形品の表面をショットブラスト処理する装置である。製品仕様によっては省略することができる。

- 5 最終機械加工装置 42 は、成形品を最終的な形状にするため、切削、穴あけ、面取りなどの機械加工を施す装置である。または、成形品と他の部材を組み合わせたリ、接合したりして最終部品の形状とする装置である。製品仕様によっては省略することができる。

- 10 検査装置 43 は、外観検査や、必要に応じて重量検査などを行う装置である。場合によっては、人間による直接的な目視検査とすることができる。

各装置間は、コンベア、搬送車などの搬送装置によって結ばれているのが好ましい。

## 実施例

- 15 次に本発明の実施例を説明する。

- 下記〔表 1〕に、A6000 系のアルミニウム合金から構成したアルミニウム合金製塑性加工品（比較例 1）、出願人が所有する従来のアルミニウム合金製塑性加工品（比較例 2、比較例 3）及び、本発明に係るアルミニウム合金製塑性加工品（実施例 1、実施例 2、実施例 3）のそれぞれについて、  
20 その組成及び塑性加工部の断面形状、リブ領域や肉盗み領域の形状を特定するリブ領域の幅方向長さ  $x$ （cm）、肉盗み領域の高さ方向長さ  $y$ （cm）、リブ領域の高さ方向長さ  $z$ （cm）の値を示した。

## 〔表 1〕

|      | <b>Cu</b>   | <b>Mg</b> | <b>Si</b> | <b>Mn</b> | <b>Fe</b> |
|------|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 比較例1 | 0.33        | 1.05      | 0.70      | 0.12      | 0.25      |
| 比較例2 | 0.40        | 1.00      | 0.82      | 0.20      | 0.25      |
| 比較例3 | 0.33        | 0.98      | 1.05      | 0.50      | 0.25      |
| 実施例1 | 0.33        | 0.98      | 1.05      | 0.50      | 0.25      |
| 実施例2 | 0.42        | 0.86      | 1.11      | 0.50      | 0.26      |
| 実施例3 | 0.41        | 0.87      | 1.09      | 0.41      | 0.25      |
|      | <b>Cr</b>   | <b>Zn</b> | <b>Zr</b> | <b>Ti</b> | <b>B</b>  |
| 比較例1 | 0.25        | 0.01      | 0.000     | 0.015     | 0.003     |
| 比較例2 | 0.20        | 0.01      | 0.000     | 0.015     | 0.003     |
| 比較例3 | 0.15        | 0.01      | 0.000     | 0.015     | 0.003     |
| 実施例1 | 0.15        | 0.01      | 0.000     | 0.015     | 0.003     |
| 実施例2 | 0.16        | 0.01      | 0.000     | 0.015     | 0.003     |
| 実施例3 | 0.15        | 0.01      | 0.000     | 0.015     | 0.003     |
|      | <b>断面形状</b> | <b>x</b>  | <b>y</b>  | <b>z</b>  |           |
| 比較例1 | 略H          | 14        | 14        | 18        |           |
| 比較例2 | 略H          | 7         | 24        | 30        |           |
| 比較例3 | 略H          | 14        | 14        | 18        |           |
| 実施例1 | 略H          | 8         | 7         | 15        |           |
| 実施例2 | 略U          | 8         | 7         | 15        |           |
| 実施例3 | 略H          | 18        | 5         | 15        |           |

比較例1～3及び実施例1～3として、それぞれ表1に示した化学成分組成のアルミ合金鋳塊を、ホットトップ鋳造法により、鋳造温度 $750 \pm 50$ ℃、鋳造速度 $240 \pm 50$ mm/分の条件で鋳造した。この鋳造により得られた鋳塊に対して $470^\circ\text{C}$ （保持時間6時間）で均質化処理を行なった。続

いて均質化処理を行なった鑄塊を530℃に加熱し、熱間鍛造によって、図1に示すような自動車のサスペンションアームの形状（リニアアーム）となるように塑性加工を施した。なお、塑性加工率は50%であった。次に、この塑性加工品を530℃（保持時間4時間）で溶体化処理を行い、60℃で  
5 水焼入れ後、180℃（保持時間2～15時間の範囲内）又は200℃（保持時間0.5～12時間の範囲内）で時効処理を行った。

なお、加工率50%の塑性加工及び、その後の530℃による溶体化処理により、各実施例及び比較例の鑄塊には、その歪み部位において1.33mm/mmの相当歪みが内在されていると考えられる。

10 比較例1～3及び実施例1～3のアルミニウム合金製塑性加工品のそれぞれで、JIS14A号比例試験片（JIS Z2201参照）を採取し、引っ張り強度を測定した。

また、引張試験片を採取した部分の断面にて、光学顕微鏡（順光）によるミクロ組織観察を行い、晶出物の平均粒径を測定した。晶出物の平均粒径の  
15 測定法は、画像解析装置（ルーゼックス、Luzex：登録商標）により晶出物が円相当の直径を持つものとして平均粒径を測定した。その後、観察面をエッチング液で腐食させた後、偏光顕微鏡によるミクロ組織観察を行い、アルミニウムの結晶粒径を測定した。

さらに、上記の手順で作成した比較例1～3及び実施例1～3に基づくサ  
20 スペンションアーム部品から、2mm×4.3mm×42.4mmの試験片を切り出し、4.3mm×42.4mmの面の中央部に、3点曲げ治具を用いて耐力の90%に相当する応力を負荷した。負荷の際には、試験片と治具の間を電氣的に絶縁にした。純水1リットル当たり、酸化クロム（IV）36g、ニクロム酸カリウム30g、塩化ナトリウム3gを溶解し、95～1  
25 00℃に保持した溶液を腐食液として用意した。この腐食液中に応力を負荷した試験片を16時間、浸漬した後、試験片を外観観察し、割れが発生しているかどうかについて確認し、割れが発生したものについては、耐食性に劣

ると判断した。

比較例 1～3 及び実施例 1～3 の機械的特性（引張強度、0.2%耐力、伸び）と晶出物の結晶粒径、耐食性、総合判定からなる評価表を下記〔表 2〕に示す。なお、評価欄の記号（○、△、×）の定義は以下の通りである。

- 5      耐食性の判定は、 $n=3$  の試験において、3 個のうちすべてで割れがなかったものを○、3 個のうち 1～2 個で割れが発生したものを△、3 個のうちすべてで割れが発生したものを×とした。

- 10      機械的特性の判定は、引張強度が 380 MPa 以上の特性、0.2%耐力が 350 MPa 以上の特性、伸びが 10.0% 以上の特性を、すべての項目で満たすものを○、1～2 つの項目で満たさないものを△、すべての項目で満たさないものを×とした。

- 15      総合判定としては、耐食性及び機械的特性がいずれも○のものを○、耐食性及び機械的特性のいずれか一方が○で、他方が△のものを△、耐食性及び機械的特性がいずれも△、いずれか一方が×及び、いずれも×のものを×とした。

〔表 2〕

|       | 引張強度<br>(MPa) | 0.2%耐力<br>(MPa) | 伸び<br>(%) | 結晶粒径<br>( $\mu\text{m}$ ) | 耐食性 | 機械的<br>特性 | 総合<br>判定 |
|-------|---------------|-----------------|-----------|---------------------------|-----|-----------|----------|
| 比較例 1 | 336           | 308             | 17.0      | 450                       | △   | △         | ×        |
| 比較例 2 | 367           | 320             | 18.0      | 46                        | ○   | △         | △        |
| 比較例 3 | 392           | 332             | 10.5      | 48                        | ○   | △         | △        |
| 実施例 1 | 397           | 363             | 14.9      | 53                        | ○   | ○         | ○        |
| 実施例 2 | 410           | 372             | 14.7      | 49                        | ○   | ○         | ○        |
| 実施例 3 | 395           | 354             | 18.5      | 49                        | ○   | ○         | ○        |

実施例 1～3 のように、合金を構成する各元素の組成が上述したような所

定の範囲に収まり、かつ、リブ領域や肉盗み領域の形状が  $z / (x + y) \geq 0.65$  の条件を満たすアルミニウム合金製塑性加工品において引っ張り強度で  $380 \text{ MPa}$  以上、 $0.2\%$  耐力で  $350 \text{ MPa}$  以上、伸びで  $10.0\%$  以上（特に、 $14.0\%$  以上）という好ましい性能を得ることができた。

- 5 また、結晶粒の平均粒径も  $50 \mu\text{m}$  程度であって、アルミニウムの未再結晶組織又は微細結晶組織で構成されていることが分かった。

一方、合金を構成する各元素の組成のいずれかが上述したような所定の範囲から外れ、かつ、リブ領域や肉盗み領域の形状が  $z / (x + y) \geq 0.65$  の条件を満たすことがない比較例 1 は、引っ張り強度が  $336 \text{ MPa}$ 、 $0.2\%$  耐力が  $308 \text{ MPa}$ 、伸びが  $17.2\%$  となった。結晶粒の平均粒径も  $450 \mu\text{m}$  程度となって、塑性加工の加工率や、その後の溶体化処理の条件によって、例えば、リブ領域や肉盗み領域中の相当歪みが  $2.00 \text{ mm/mm}$  を超えるようになると、粗大再結晶組織を呈するようになることが分かった（尚、図 7 も参照）。腐食量が多く、耐食性も良いとはいえなかった。

- 15 リブ領域や肉盗み領域の形状が  $z / (x + y) \geq 0.65$  の条件を満たすものの、合金を構成する各元素の組成のいずれかが上述したような所定の範囲から外れる比較例 2 は、腐食量が少なく耐食性も良く、結晶粒の平均粒径も  $50 \mu\text{m}$  程度であり、粗大再結晶組織が認められなかったが、引っ張り強度が  $367 \text{ MPa}$ 、 $0.2\%$  耐力が  $320 \text{ MPa}$ 、伸びが  $18.0\%$  と、  
20 本願の出願人が期待する機械的特性の値をすべて満たしているとはいえなかった。

- また、合金を構成する各元素の組成が上述したような所定の範囲に収まるものの、リブ領域や肉盗み領域の形状が  $z / (x + y) \geq 0.65$  の条件を満たさない比較例 3 は、腐食量が少なく耐食性も良く、結晶粒の平均粒径  
25 も  $50 \mu\text{m}$  程度であり、粗大再結晶組織が認められなかったが、引っ張り強度が  $392 \text{ MPa}$ 、 $0.2\%$  耐力が  $332 \text{ MPa}$ 、伸びが  $10.5\%$  と、本願の出願人が期待する機械的特性の値をすべて満たしているとはいえなかつ

た。

また、図6～図8において、比較例1～2及び実施例1における歪み部位  
に関し、相当歪みの大きさと組織状態との関係を模式的に示したので、これ  
らの図について説明する。これらの図において、(a)は、相当歪みが0 m  
5 m/mmの大きさであるときの、(b)は、相当歪みが0.67 mm/mm  
の大きさであるときの、(c)は、相当歪みが1.25 mm/mmの大きさ  
であるときの、(d)は、相当歪みが2.00 mm/mmの大きさであるとき  
きの、(e)は、相当歪みが2.75 mm/mmの大きさであるときの、(f)  
は、相当歪みが3.5 mm/mmの大きさであるときの、それぞれアル  
10 ミニウム合金製塑性加工品の歪み部位の組織状態を模式的に示している。

図6に示すように、実施例1における歪み部位では、相当歪みが2.0 m  
m/mmまでの大きさであれば、未再結晶組織Nのみから構成される。相当  
歪みが2.75 mm/mmの大きさのときに未再結晶組織Nと、一部が微細  
結晶組織Mとなる組織状態で構成される。また、相当歪みが3.5 mm/m  
15 mの大きさであっても微細結晶組織Mから構成されることが分かる。したが  
って、相当歪みが0～4.0 mm/mmの範囲、特に、0～3.5 mm/m  
mの範囲で粗大再結晶組織Lは認められないことが理解される。

一方、図7に示すように、比較例1における歪み部位では、相当歪みが2  
.0 mm/mmの大きさで、粗大再結晶組織Lが認められてしまった。図8  
20 に示すように、比較例2における歪み部位においても、相当歪みが3.5 m  
m/mmの大きさになると粗大再結晶組織Lが認められてしまった。

また、図9において、実施例1、比較例1及び比較例2の間で、歪み部位  
における相当歪みの大きさと引張強度との関係が比較できるようにグラフで  
示した。このグラフから理解されるように、比較例1及び比較例2と異なり  
25 、実施例1のアルミニウム合金製塑性加工品は、歪み部位の相当歪みが大き  
くなくても、その引張強度の強さが維持され、優れていることが分かる。特  
に、自動車部品であるサスペンションアームで数多く認められる相当歪みが

1 ～ 3 mm/mm程度であるときに、実施例 1 の引張強度は、比較例 1 及び比較例 2 に比して極めて優れていると認められる。

図 10 において、実施例 1、比較例 1 及び比較例 2 の間で、歪み部位における相当歪みの大きさと 0.2 %耐力との関係が比較できるようにグラフで示した。このグラフから理解されるように、比較例 1 及び比較例 2 と異なり、実施例 1 のアルミニウム合金製塑性加工品は、歪み部位の相当歪みが大きくなっても、その 0.2 %耐力の値が維持され、優れていることが分かる。特に、自動車部品であるサスペンションアームで数多く認められる相当歪みが 1 ～ 3 mm/mm程度であるときに、実施例 1 の 0.2 %耐力は、比較例 1 及び比較例 2 に比して極めて優れていると認められる。

図 11 において、実施例 1、比較例 1 及び比較例 2 で歪み部位における相当歪みの大きさと伸び (%) の関係をグラフで示した。このグラフから理解されるように、比較例 1 及び比較例 2 と同様なレベルで、実施例 1 のアルミニウム合金製塑性加工品は、歪み部位の相当歪みが大きくなってもその伸び (%) において優れていることが分かる。

したがって、本発明に係るアルミ合金製塑性加工品は、塑性加工によって加工歪みが加わった後に溶体化処理されても、その歪み部位がアルミニウムの未再結晶組織及び微再結晶組織からなり、粗大結晶組織が認められないで良好なアルミニウムの組織状態が形成、維持されている。本発明に係るアルミ合金製塑性加工品は、引っ張り強度で 380 MPa 以上、0.2 %耐力で 350 MPa 以上、伸びで 10.0 %以上という好ましい性能を得ることができる。これにより、高強度化し、耐食性が向上し、薄肉化が可能になるため、必要な合金量を減らして確実に軽量化することができる。Al-Mg-Si 系合金製塑性加工品の用途を拡大、例えば、軽量化への追求が激しい輸送機用途として自動車用部品に好適に採用されて、その用途をさらに拡大することができるようになる。

## 符号の説明

- 1 1 . . . リニアアーム
- 1 2 . . . Aアーム
- 2 . . . 塑性加工部
- 5 2 1 . . . リブ領域
- 2 2 . . . 肉盗み領域
- 2 3 . . . 歪み部位
- 2 a . . . 塑性加工部
- 2 1 a . . . リブ領域
- 10 2 2 a . . . 肉盗み領域
- N . . . 未再結晶組織
- M . . . 微細結晶組織
- L . . . 粗大結晶組織

## 請求の範囲

## [請求項 1]

塑性加工により形成される肉盗み領域と、この肉盗み領域の両端に形成されるリブ領域とからなり、断面が略H字形状又は略U字形状となる塑性加工部を備えたアルミニウム合金製塑性加工品であって、

前記塑性加工部に、前記塑性加工により発生する最大で4.0mm/mmの相当歪みが内在している歪み部位を有し、

前記歪み部位が、前記肉盗み領域と前記リブ領域との境界であって、前記塑性加工部の表面近傍に位置し、

前記歪み部位が、再結晶化されていないアルミニウム（元素記号：Al）の未再結晶組織で構成され、又は、前記未再結晶組織と、再結晶化されるが、その結晶粒が500μm以下である前記アルミニウムの微細結晶組織とで構成される、

ことを特徴とするアルミニウム合金製塑性加工品。

## [請求項 2]

銅（元素記号：Cu）を0.15～0.5質量%、マグネシウム（元素記号：Mg）を0.8～1.15質量%、珪素（元素記号：Si）を0.95～1.15質量%、マンガン（元素記号：Mn）を0.4～0.6質量%、鉄（元素記号：Fe）を0.2～0.3質量%、クロム（元素記号：Cr）を0.11～0.19質量%、亜鉛（元素記号：Zn）を0.25質量%以下、ジルコニウム（元素記号：Zr）を0.05質量%以下、チタン（元素記号：Ti）を0.012～0.035質量%、ホウ素（元素記号：B）を0.0001～0.03質量%含有し、残りがアルミニウム及び不可避不純物からなる組成であって、

前記リブ領域の幅方向長さをx（cm）、前記肉盗み領域の高さ方向長さをy（cm）、前記リブ領域の高さ方向長さをz（cm）で表したときに、

前記マンガンの含有量（質量％）が下記〔数１〕の関係式を満たす、

〔数１〕

$$\text{マンガン（質量％）} = 0.4\alpha \{z / (x + y) + 0.25\}$$

$$\text{但し、} z / (x + y) \geq 0.65$$

5  $\alpha = 0.8 \sim 0.9$

ことを特徴とする請求項１に記載のアルミニウム合金製塑性加工品。

〔請求項３〕

自動車用部品である、

10 ことを特徴とする請求項１又は請求項２に記載のアルミニウム合金製塑性加工品。

〔請求項４〕

請求項１から請求項３の何れか１項に記載のアルミニウム合金製塑性加工品を製造するアルミニウム合金製塑性加工品の製造方法であって、

15 溶解鑄造を施し、前記溶解鑄造で得られた鑄造品に対して均質化処理及び塑性加工を施した後、溶体化処理、水焼き入れ処理及び人工時効硬化処理を施す、

ことを特徴とするアルミニウム合金製塑性加工品の製造方法。

〔請求項５〕

20 前記人工時効硬化処理は、時効処理温度が１７０℃以上２１０℃以下、時効処理時間が０．５時間以上１８時間以下である、

ことを特徴とする請求項４に記載のアルミニウム合金製塑性加工品の製造方法。

〔請求項６〕

25 前記溶体化処理は、溶体化処理温度が５２０℃以上５６０℃以下であり、前記水焼き入れ処理は、水焼き入れ処理温度が７０℃以下である、

ことを特徴とする請求項４又は請求項５に記載のアルミニウム合金製塑性加工品の製造方法。

## [請求項 7]

前記塑性加工は、押出加工、鍛造加工および圧延加工から選ばれる 1 種又は 2 種以上の組み合わせである、

- 5      ことを特徴とする請求項 4 から請求項 6 の何れか 1 項に記載のアルミニウム合金製塑性加工品の製造方法。

## [請求項 8]

請求項 4 から請求項 7 の何れか 1 項に記載のアルミニウム合金製塑性加工品の製造方法を用いて得られる、

ことを特徴とする自動車用部品。

1 / 10

図 1(a)

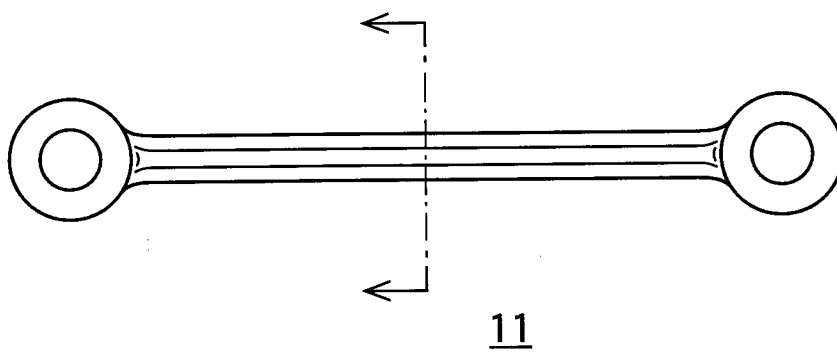
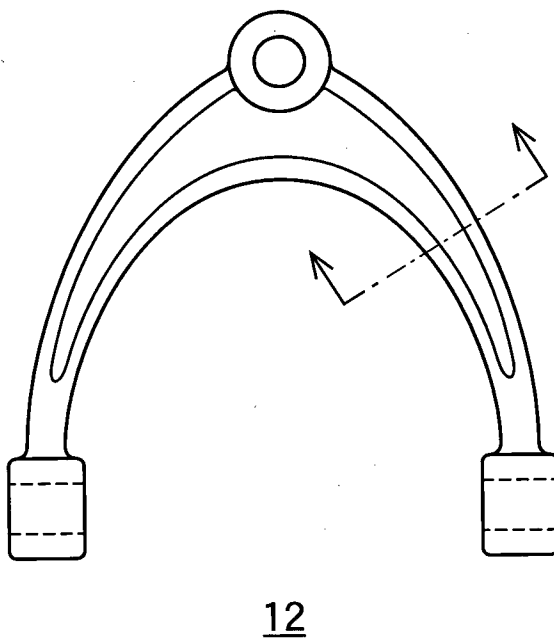


図 1(b)



2 / 10

図 2(a)

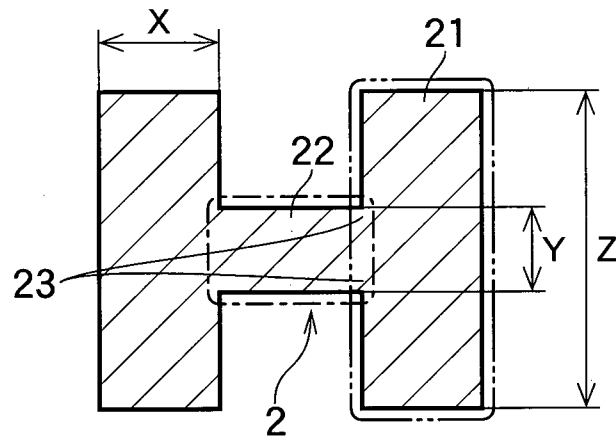
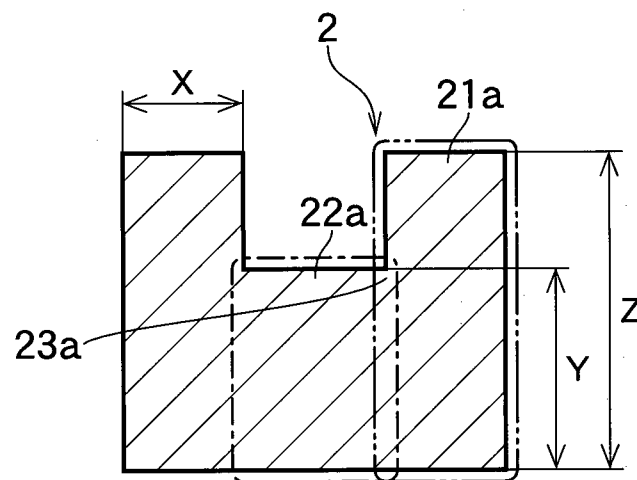


図 2(b)



3 / 10

図 3

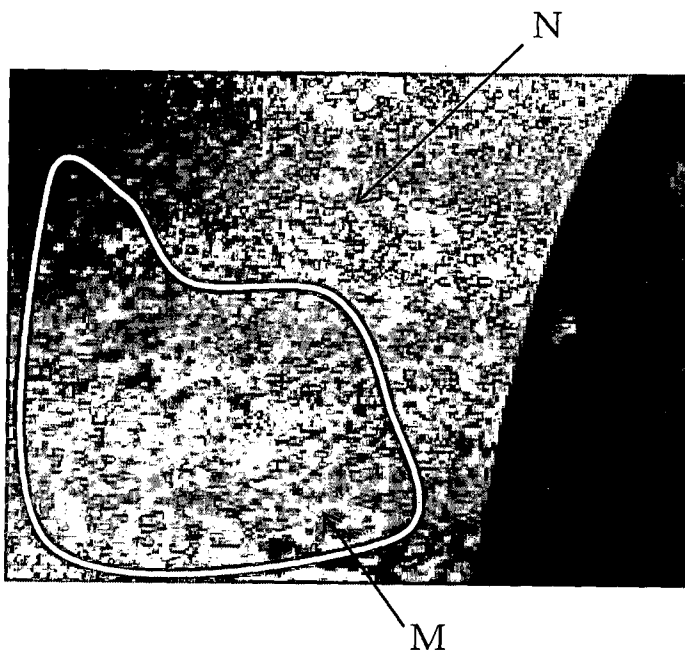
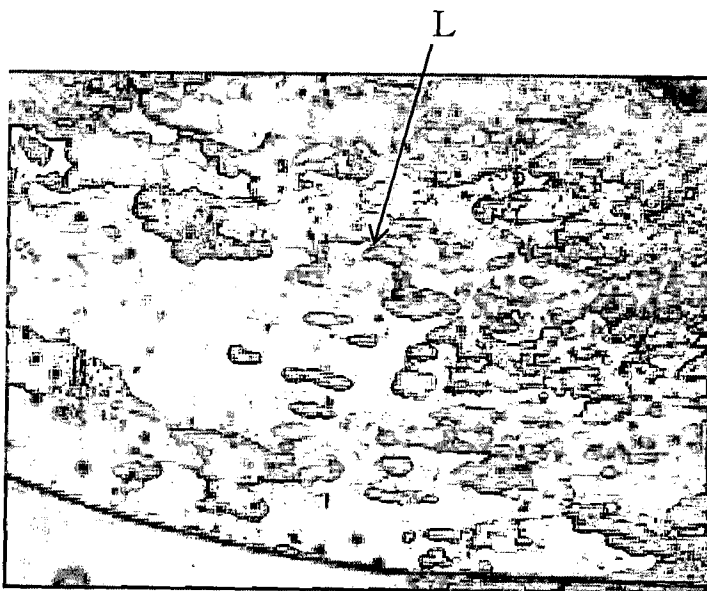
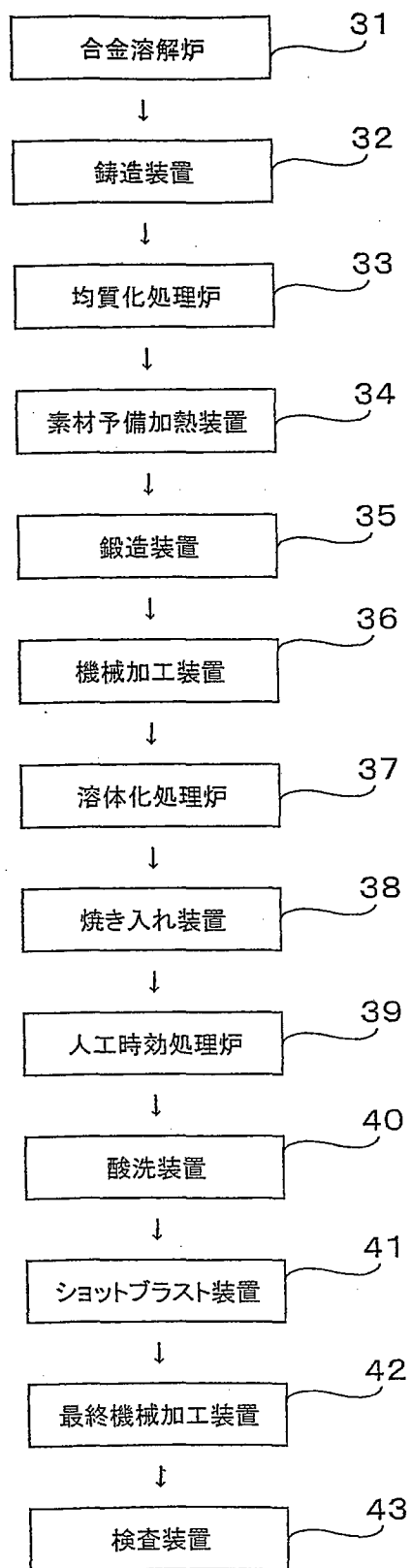


図 4



4 / 10

図 5



5 / 10

図6(a)

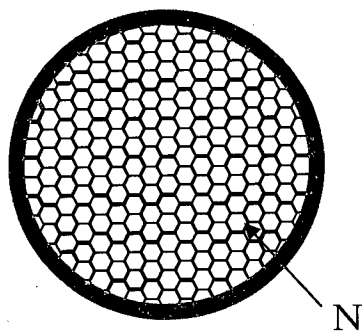


図6(b)

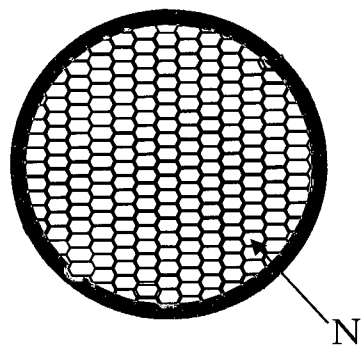


図6(c)

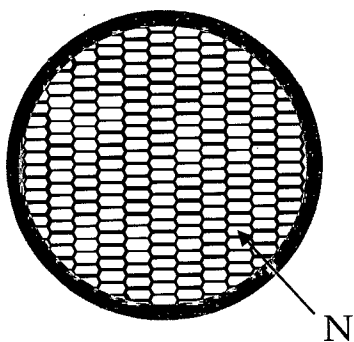


図6(d)

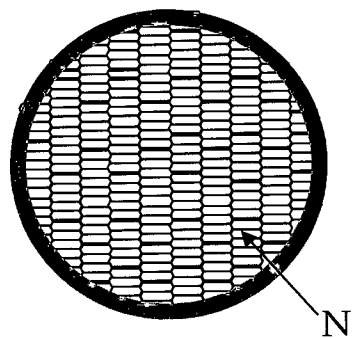


図6(e)

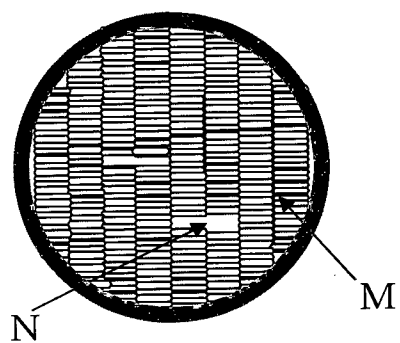
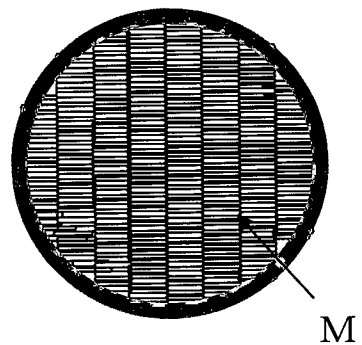


図6(f)



6 / 10

図7(a)

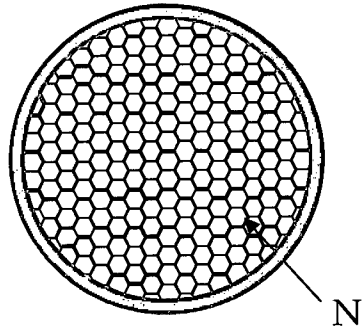


図7(b)

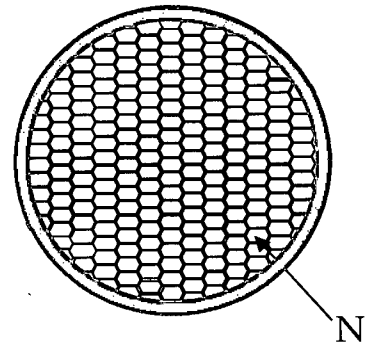


図7(c)

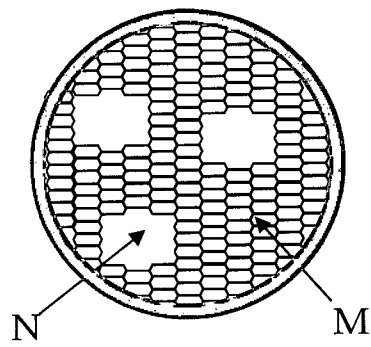


図7(d)

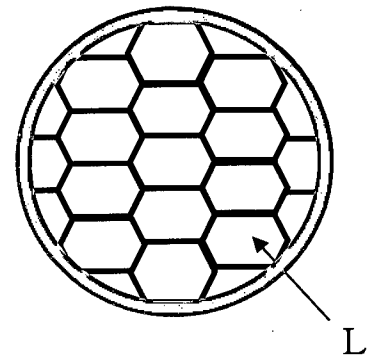


図7(e)

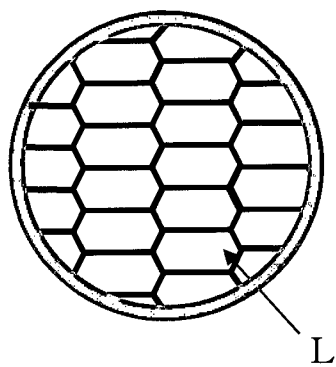
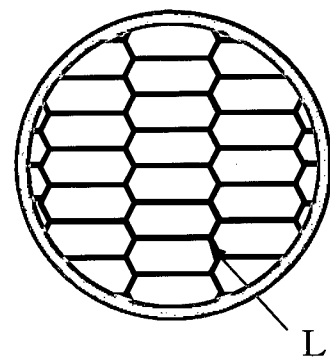


図7(f)



7 / 1 0

図8(a)

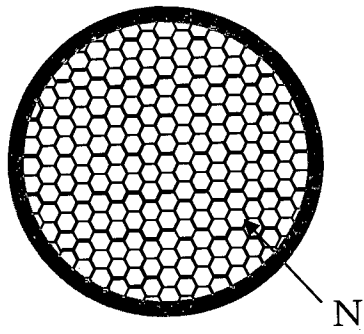


図8(b)

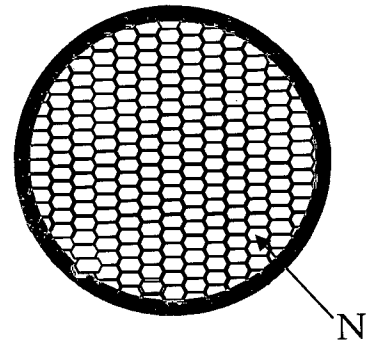


図8(c)

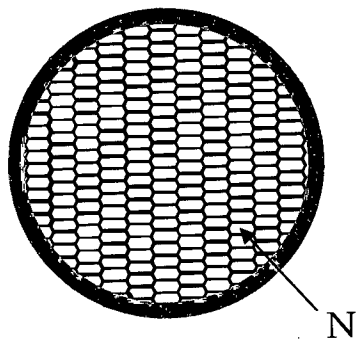


図8(d)

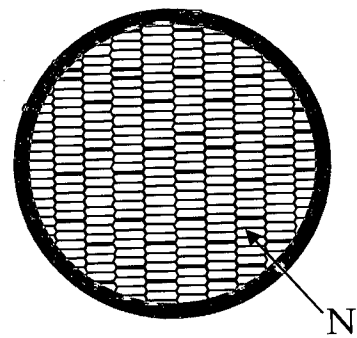


図8(e)

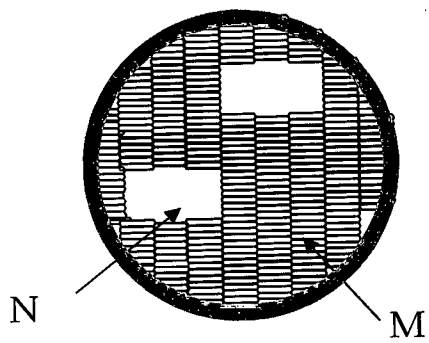
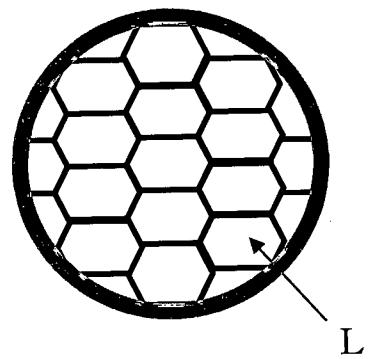
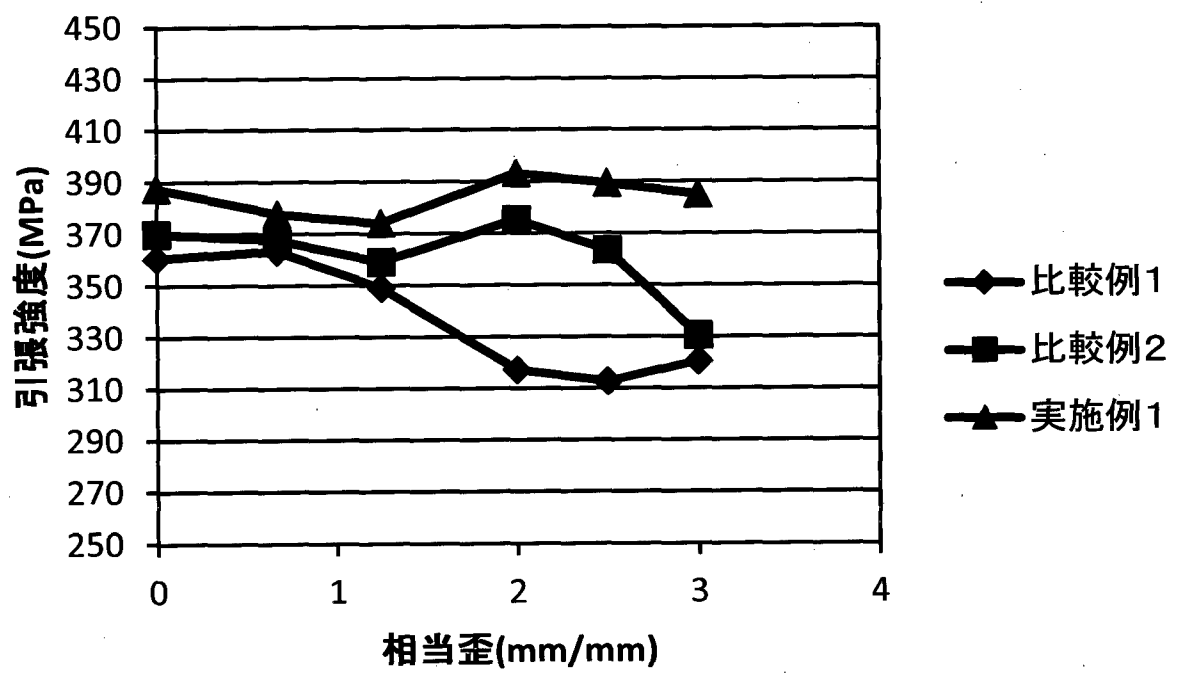


図8(f)



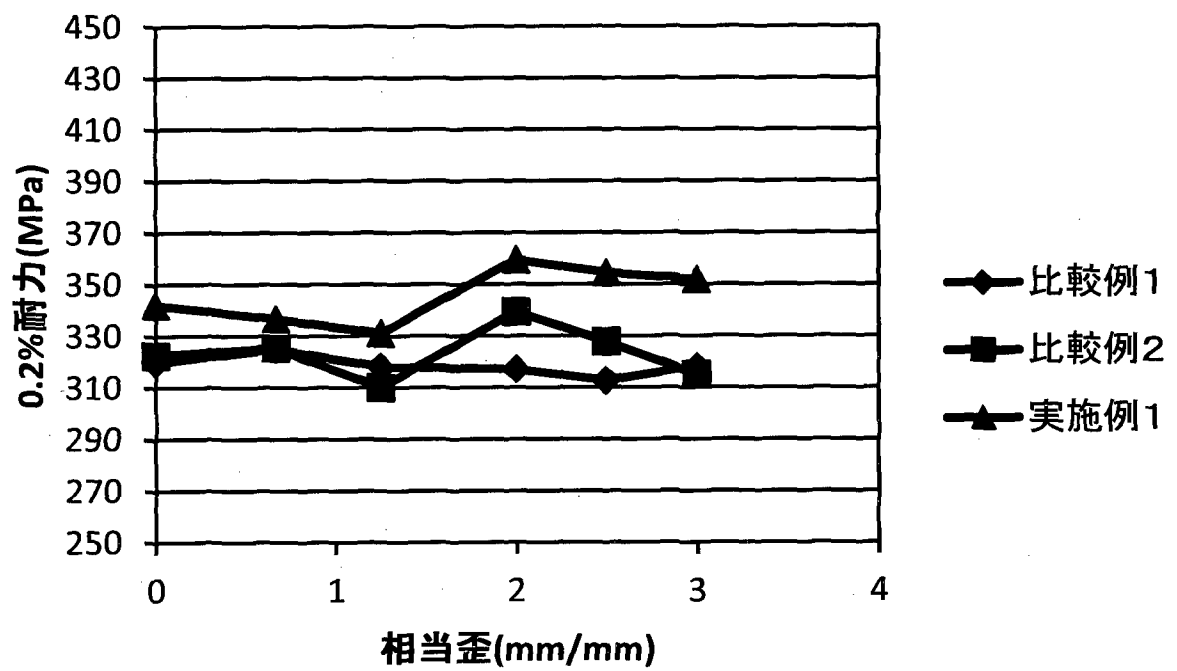
8 / 10

図9



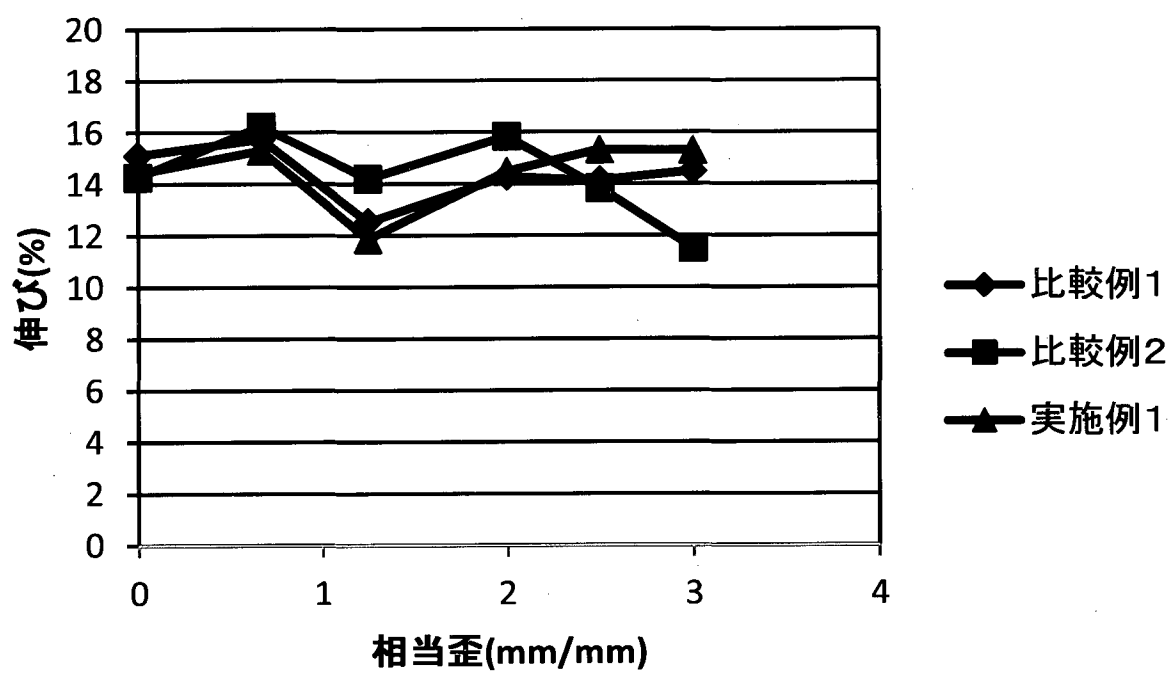
9 / 10

図10



10/10

図11



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/054188

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C22C21/02(2006.01)i, B21J5/00(2006.01)i, B21K1/26(2006.01)i, B60G7/00(2006.01)i, B62D21/00(2006.01)i, C22F1/00(2006.01)i, C22F1/04(2006.01)i, C22F1/05(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

C22C21/02, B21J5/00, B21K1/26, B60G7/00, B62D21/00, C22F1/00, C22F1/04, C22F1/05

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

|                           |           |                            |           |
|---------------------------|-----------|----------------------------|-----------|
| Jitsuyo Shinan Koho       | 1922-1996 | Jitsuyo Shinan Toroku Koho | 1996-2015 |
| Kokai Jitsuyo Shinan Koho | 1971-2015 | Toroku Jitsuyo Shinan Koho | 1994-2015 |

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                                                                                | Relevant to claim No. |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| X         | JP 2008-163445 A (Kobe Steel, Ltd.),<br>17 July 2008 (17.07.2008),<br>entire text<br>& US 2009/0000705 A1 & WO 2007/114078 A1<br>& EP 2003219 A2 & CA 2637273 A1<br>& KR 10-2008-0102414 A & CN 101365818 A<br>& KR 10-1060917 B1 | 1-8                   |
| A         | WO 2011/129431 A1 (Showa Denko Kabushiki Kaisha),<br>20 October 2011 (20.10.2011),<br>entire text<br>& CN 102844456 A                                                                                                             | 1-8                   |

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
18 May 2015 (18.05.15)

Date of mailing of the international search report  
26 May 2015 (26.05.15)

Name and mailing address of the ISA/  
Japan Patent Office  
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,  
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/054188

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                   | Relevant to claim No. |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| A         | JP 2014-81310 A (Nippon Steel & Sumitomo Metal Corp.),<br>08 May 2014 (08.05.2014),<br>entire text<br>(Family: none)                                                 | 1-8                   |
| A         | WO 2011/122263 A1 (Kobe Steel, Ltd.),<br>06 October 2011 (06.10.2011),<br>entire text<br>& JP 2011-214093 A & US 2013/0032255 A1<br>& EP 2554698 A1 & CN 102812142 A | 1-8                   |

## A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. C22C21/02(2006.01)i, B21J5/00(2006.01)i, B21K1/26(2006.01)i, B60G7/00(2006.01)i, B62D21/00(2006.01)i, C22F1/00(2006.01)i, C22F1/04(2006.01)i, C22F1/05(2006.01)i

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. C22C21/02, B21J5/00, B21K1/26, B60G7/00, B62D21/00, C22F1/00, C22F1/04, C22F1/05

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

|             |                     |
|-------------|---------------------|
| 日本国実用新案公報   | 1 9 2 2 - 1 9 9 6 年 |
| 日本国公開実用新案公報 | 1 9 7 1 - 2 0 1 5 年 |
| 日本国実用新案登録公報 | 1 9 9 6 - 2 0 1 5 年 |
| 日本国登録実用新案公報 | 1 9 9 4 - 2 0 1 5 年 |

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

## C. 関連すると認められる文献

| 引用文献の<br>カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示                                                                                                                                                      | 関連する<br>請求項の番号 |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| X               | JP 2008-163445 A（株式会社神戸製鋼所）2008.07.17, 全文<br>& US 2009/0000705 A1 & WO 2007/114078 A1 & EP 2003219 A2<br>& CA 2637273 A1 & KR 10-2008-0102414 A & CN 101365818 A<br>& KR 10-1060917 B1 | 1 - 8          |
| A               | WO 2011/129431 A1（昭和電工株式会社）2011.10.20, 全文<br>& CN 102844456 A                                                                                                                          | 1 - 8          |

☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）  
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

1 8 . 0 5 . 2 0 1 5

国際調査報告の発送日

2 6 . 0 5 . 2 0 1 5

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）  
郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5  
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

高木 康晴

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 4 3 5

4 K

9 2 7 5

| C (続き) . 関連すると認められる文献 |                                                                                                                               |                |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| 引用文献の<br>カテゴリー*       | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示                                                                                             | 関連する<br>請求項の番号 |
| A                     | JP 2014-81310 A (新日鐵住金株式会社) 2014. 05. 08, 全文<br>(ファミリーなし)                                                                     | 1 - 8          |
| A                     | WO 2011/122263 A1 (株式会社神戸製鋼所) 2011. 10. 06, 全文<br>& JP 2011-214093 A & US 2013/0032255 A1 & EP 2554698 A1<br>& CN 102812142 A | 1 - 8          |