

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4101614号
(P4101614)

(45) 発行日 平成20年6月18日(2008.6.18)

(24) 登録日 平成20年3月28日(2008.3.28)

(51) Int.Cl.		F I	
C 2 2 F	1/057	(2006.01)	C 2 2 F 1/057
B 2 1 C	23/00	(2006.01)	B 2 1 C 23/00 A
B 2 1 C	25/02	(2006.01)	B 2 1 C 25/02 Z
C 2 2 C	21/00	(2006.01)	C 2 2 C 21/00 N
C 2 2 F	1/00	(2006.01)	C 2 2 F 1/00 6 1 2

請求項の数 4 (全 23 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2002-319453 (P2002-319453)	(73) 特許権者	000002277
(22) 出願日	平成14年11月1日(2002.11.1)		住友軽金属工業株式会社
(65) 公開番号	特開2004-149907 (P2004-149907A)		東京都港区新橋5丁目11番3号
(43) 公開日	平成16年5月27日(2004.5.27)	(74) 代理人	100071663
審査請求日	平成17年11月1日(2005.11.1)		弁理士 福田 保夫
		(74) 代理人	100098682
			弁理士 赤塚 賢次
		(72) 発明者	佐野 秀男
			東京都港区新橋5丁目11番3号 住友軽金属工業株式会社内
		(72) 発明者	松田 真一
			東京都港区新橋5丁目11番3号 住友軽金属工業株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 耐食性および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の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

Si : 0.5% (質量%、以下同じ) ~ 1.5%、Mg : 0.9% ~ 1.6%、Cu : 0.8% ~ 2.5% を含有するとともに、下記の条件式(1)、(2)、(3)、(4)を満足し、

$$3 Si \% + Mg \% + Cu \% \leq 4 \text{ --- (1)}$$

$$Mg \% \leq 1.7 \times Si \% \text{ --- (2)}$$

$$Mg \% + Si \% \leq 2.7 \text{ --- (3)}$$

$$Cu \% / 2 + Mg \% \leq (Cu \% / 2) + 0.6 \text{ --- (4)}$$

さらにMn : 0.5% ~ 1.2%を含有し、残部アルミニウム及び不可避免的不純物からなるアルミニウム合金のピレットをソリッドダイスを用い、該ソリッドダイスの前面にフローガイドを配設して中実材に押出加工する方法であって、ソリッドダイスのベアリングの長さ(L)が0.5mm以上で、且つ該ベアリングの長さ(L)と押出加工された中実材の肉厚(T)との関係がL ≥ 5Tであるソリッドダイスを用い、前記フローガイドは、そのガイド孔の内周面がソリッドダイスのベアリングに連続するオリフィスの外周面から5mm以上15mm以下離れており、且つその厚さがピレットの直径の5~25%であり、押出加工された中実材の断面組織において面積率で60%以上の繊維組織を有する中実押出材とすることを特徴とする耐食性および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の製造方法。

【請求項2】

請求項1記載のアルミニウム合金のビレットをポートホールダイスまたはブリッジダイスを用いて中空材に押出加工する方法であって、ビレットが分断されてダイスのポート部に進入したのちマンドレルを取り囲んで再び一体化する溶着室におけるアルミニウム合金の溶着部での流速に対する非溶着部での流速の比を1.2～1.5として中空材に押出加工し、該中空材の断面組織において面積率で60%以上の繊維状組織を有する中空押出材とすることを特徴とする耐食性および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の製造方法。

【請求項3】

前記アルミニウム合金が、さらにCr:0.02%～0.4%、Zr:0.03%～0.2%、V:0.03%～0.2%、Zn:0.03%～2.0%のうちの1種以上を含有することを特徴とする請求項1または2記載の耐食性および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の製造方法。

10

【請求項4】

前記アルミニウム合金のビレットを450以上の温度で均質化処理した後、均質化処理温度から少なくとも250までは平均冷却速度25/h以上で冷却する均質化処理工程と、均質化処理後のアルミニウム合金のビレットを450以上の温度に加熱して押出加工を行う押出工程と、押出直後の押出材の表面温度が450以上に保持された状態で10/秒以上の冷却速度で100以下の温度まで冷却するプレス焼入れ工程または前記押出材を450以上の温度で溶体化処理した後10/秒以上の冷却速度で100以下の温度まで冷却する焼入れ処理工程と、150～200で2～24時間の熱処理を施す焼戻し処理工程とからなることを特徴とする請求項1～3のいずれかに記載の耐食性および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の製造方法。

20

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、耐食性および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、とくに、自動車、鉄道車両、航空機などの輸送機器の構造材として好適に使用される耐食性および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の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

自動車部材などの輸送機器部材については、近年、地球環境保護の観点から、排気ガスの規制が厳しくなり、燃料消費量を減らし有害ガスや炭酸ガスの排出量を低減させるために、車両重量の軽量化が強く推し進められている。その一つとして、従来使用されていた鉄系の部材をアルミニウム系の部材に変更することにより効果を上げている。

30

【0003】

このような状況の下で、アルミニウム材料のうち6061合金、6063合金に代表される6000系(Al-Mg-Si系)のアルミニウム合金は、加工性が良く製造が容易であり、耐食性にも優れているため、輸送機器部材として広く実用化されているが、7000系(Al-Zn-Mg系)や2000系(Al-Cu系)の高強度アルミニウム合金と比べ強度面で劣るという難点があるため、6000系アルミニウム合金の強度を向上させるための試みが行われており、6013合金、6056合金、6082合金などが開発されている。

40

【0004】

上記の開発合金は、従来の6061合金などに比べて改善された強度を有するが、車両の軽量化の進行に伴って材料の薄肉化の要求はさらに厳しくなっており、これらの開発合金では、強度、耐食性、耐応力腐食割れ性の面で必ずしもなお十分でない場合があり、先に、本出願の発明者の1人は他の発明者とともに、特定された合金組成を有するAl-Mg-Si-Cu系アルミニウム合金押出材の結晶層厚を制御することにより良好な耐食性を有する高強度アルミニウム合金押出材を提案した(特許文献1参照)。

【0005】

50

【特許文献1】

特開2001-11559号公報

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記提案されたアルミニウム合金は変形抵抗が高く、従来の6063合金などに比べて押出性が劣り、とくに中実材の押出しにおいて、ピレットを押継ぎする場合、ソリッドダイスの前面にフローガイドを配設する必要があるが、角部に押出割れが生じ、また表層部の組織が粗大となって強度、耐応力腐食割れ性を低下させるという問題がある。

【0007】

また、ポートホールダイスやブリッジダイスを用いて中空材を押出加工した場合、押出割れが生じ、さらに溶着部での組織が粗大となって強度、耐食性、耐応力腐食割れ性を低下させるという問題がある。

【0008】

本発明は、特許文献1で提案されたAl-Mg-Si-Cu系アルミニウム合金における上記の問題点を解消するために、ソリッドダイスを用いて、またはソリッドダイスにフローガイドを付加して中実材に押出加工する場合におけるダイスおよびフローガイド各部の寸法と押出材の特性との関係、およびポートホールダイスやブリッジダイスを用いて中空材を押出加工する場合における押出ダイス内部でのアルミニウム合金の流速の違いと押出材の特性との関係について、試験、検討を重ねた結果としてなされたものであり、その目的は、押出割れや押出材の組織粗大化を防止し、耐食性、耐応力腐食性、強度に優れたアルミニウム合金押出材の製造方法を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】

上記の目的を達成するため、本発明の請求項1による耐食性、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の製造方法は、Si:0.5%~1.5%、Mg:0.9%~1.6%、Cu:0.8%~2.5%を含有するとともに、下記の条件式(1)、(2)、(3)、(4)を満足し、

$$3 \text{ Si \%} + \text{Mg \%} + \text{Cu \%} \leq 4 \text{ --- (1)}$$

$$\text{Mg \%} \leq 1.7 \times \text{Si \%} \text{ --- (2)}$$

$$\text{Mg \%} + \text{Si \%} \leq 2.7 \text{ --- (3)}$$

$$\text{Cu \%} / 2 + \text{Mg \%} \leq (\text{Cu \%} / 2) + 0.6 \text{ --- (4)}$$

さらにMn:0.5%~1.2%を含有し、残部アルミニウム及び不可避免的不純物からなるアルミニウム合金のピレットをソリッドダイスを用いて中実材に押出加工する方法であって、ソリッドダイスのベアリングの長さ(L)が0.5mm以上で、且つ該ベアリングの長さ(L)と押出加工される中実材の肉厚(T)との関係がL ≥ 5Tであるソリッドダイスを用いて押出加工し、押出加工された中実材の断面組織において面積率で60%以上の繊維状組織を有する中実押出材とすることを特徴とする。

【0010】

請求項1による耐食性および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の製造方法はさらに、前記ソリッドダイスの前面にフローガイドを配設して押出加工し、該フローガイドは、そのガイド孔の内周面がソリッドダイスのベアリングに連続するオリフィスの外周面から5mm以上15mm以下離れており、且つその厚さがピレットの直径の5~25%であることを特徴とする。

【0011】

請求項2による耐食性および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の製造方法は、請求項1記載のアルミニウム合金のピレットをポートホールダイスまたはブリッジダイスを用いて中空材に押出加工する方法であって、ピレットが分断されてダイスのポート部に進入したのちマンドレルを取り囲んで再び一体化する溶着室におけるアルミニウム合金の溶着部での流速に対する非溶着部での流速の比を1.2~1.5として中

10

20

30

40

50

空材に押出加工し、該中空材の断面組織において面積率で60%以上の繊維状組織を有する中空押出材とすることを特徴とする。

【0012】

請求項3による耐食性および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の製造方法は、請求項1または2において、前記アルミニウム合金が、さらにCr:0.02%~0.4%、Zr:0.03%~0.2%、V:0.03%~0.2%、Zn:0.03%~2.0%のうち1種以上を含有することを特徴とする

【0013】

また、請求項4による耐食性および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の製造方法は、請求項1~3のいずれかにおいて、前記アルミニウム合金のピレットを450以上の温度で均質化処理した後、均質化処理温度から少なくとも250までは平均冷却速度25/h以上で冷却する均質化処理工程と、均質化処理後のアルミニウム合金のピレットを450以上の温度に加熱して押出加工を行う押出工程と、押出直後の押出材の表面温度が450以上に保持された状態で10/秒以上の冷却速度で100以下の温度まで冷却するプレス焼入れ工程または前記押出材を450以上の温度で溶体化処理した後10/秒以上の冷却速度で100以下の温度まで冷却する焼入れ処理工程と、150~200で2~24時間の熱処理を施す焼戻し処理工程とからなることを特徴とする。

10

【0014】

【発明の実施の形態】

本発明のアルミニウム合金における合金成分の意義およびその限定理由について説明する。

20

Siは、Mgと共存してMg₂Siを析出してアルミニウム合金の強度を向上させる機能を有する。Siの好ましい含有範囲は0.5%~1.5%であり、0.5%未満ではその効果が十分でなく、1.5%を越えると耐食性が低下する。Siのより好ましい含有範囲は0.7%~1.2%である。

【0015】

Mgは、Siと共存してMg₂Siを析出し、更にCuと共存することによりCuMgAl₂を微細析出させ、アルミニウム合金の強度を向上させる。Mgの好ましい含有範囲は0.9%~1.6%であり、0.9%未満ではその効果が十分でなく、1.6%を越えて含有すると耐食性が低下する。Mgのより好ましい含有範囲は0.9%~1.2%である。

30

【0016】

Cuは、Si、Mgと同様に強度向上に寄与する元素成分であり、その好ましい含有範囲は0.8%~2.5%である。0.8%未満ではその効果が小さく、2.5%を越えて含有すると製造が困難となり耐食性も低下する。Cuのより好ましい含有範囲は0.9%~2.0%である。

【0017】

Mnは、熱間加工中の再結晶を抑制して繊維状組織とし、高強度を得るために重要な役割を演じる。Mnの好ましい含有範囲は0.5%~1.2%であり、0.5%未満では再結晶の抑制効果は不十分となり、1.2%を越えると粗大な金属間化合物の生成及び熱間加工性の劣化を生じる。Mnのより好ましい含有範囲は0.6%~1.0%である。

40

【0018】

本発明の高強度アルミニウム合金は、Si、Mg、Cu、Mnを必須成分とし、Si、Mg、Cu相互間の条件式(1)~(4)を満足する必要がある。これによって、金属間化合物の生成量、分布状態が制御され、アルミニウム合金にバランスの良い高強度及び耐食性が付与される。必須成分Si、Mg、Cuの合計含有量が3%未満では所望の強度を得ることが出来ず、4%を越えると耐食性が低下し、MgとSiの合計含有量が2.7%を越えると耐食性が低下し、延性が劣化する。

【0019】

上記の本発明のアルミニウム合金に、選択成分として添加されるCr、Zr、V、Znは

50

、結晶粒径を微細にする機能を有する。Cr、Zr、V、Znが、それぞれ下限値に満たないとその効果が小さく、上限値を越えると粗大な金属間化合物が生成し、伸び、靱性の低下等、押出材の機械的性質に悪影響を及ぼす。なお、本発明のアルミニウム合金には、通常、鑄塊組織微細化のために添加される少量のTi、Bが含まれていても本発明の特性が害されることはない。

【0020】

本発明の押出方法のうち中実材の押出加工について説明すると、所定の組成を有するアルミニウム合金は、通常の半連続鑄造によりビレットに造塊され、ソリッドダイスを用いて熱間で中実材に押出加工される。ソリッドダイスを用いて中実材を押出加工する場合の装置構成を図1に示す。長い押出材を製造する場合には、ビレットを押継ぎするためにソリッドダイス1の前面にフローガイド4を配置する。

10

【0021】

コンテナ7内に装入されたアルミニウム合金のビレット9は、押出ステム8で矢印方向に押されてフローガイド4のガイド孔5に進入した後、ソリッドダイス1のオリフィス3に入り、ソリッドダイス1のベアリング面2で成形されて中実材10として押し出される。

【0022】

中実材の押出加工においては、ソリッドダイスのベアリングにより押出材の形状が決定され、ベアリング長さLは押出材の特性に影響を与える。本発明においては、 $0.5\text{ mm} < L < 5T$ とし、且つLと押出加工された中実材10の直角断面における肉厚T(図2)との関係を $L < 5T$ 、好ましくは $L < 3T$ とすることが重要であり、この寸法をそなえたソリッドダイスを用いて押出加工することにより、押し出される中実材の断面組織において面積率で60%以上の繊維状組織を有する中実押出材とすることができることを知見した。断面組織において面積率で60%以上、好ましくは80%以上の繊維状組織を有する中実押出材は優れた強度、耐食性および耐応力腐食割れ性をそなえており、押出材の再結晶組織が面積率で20%を越えると粒界腐食が生じ易くなり、40%を越えると許容限度以上の粒界腐食が生じるようになる。なお、肉厚Tとは、図2に示すように、押出加工された中実押出材の直角断面において、各部位の肉厚のうち最も大きいものをいう。

20

【0023】

ベアリングの長さが 0.5 mm 未満になると、ベアリングの加工が難しくなり、ベアリングが弾性変形して寸法が不安定となり易い。また、ベアリングの長さが $5T$ を越えると、押し出される中実材の断面組織のうち表層部が再結晶し易くなる。

30

【0024】

ソリッドダイス1の前面にフローガイド4を配設する場合は、フローガイド4のガイド孔5の内周面6がソリッドダイス1のオリフィス3の外周面から 5 mm 以上離れており($A > 5\text{ mm}$)、且つその厚さBがビレット9の直径の5~25%であること($B = D \times 5 \sim 25\%$)が重要であり、前記のベアリング寸法をそなえたソリッドダイスとの組合わせで、押し出される中実材の断面組織において面積率で60%以上の繊維状組織となり、優れた強度、耐食性および耐応力腐食割れ性をそなえた中実押出材が得られる。

【0025】

フローガイド4のガイド孔5の内周面6とソリッドダイス1のオリフィス3の外周面との距離Aが 5 mm 未満では、フローガイド4内でのビレットの加工度が大きくなり、押し出される中実材の表層部が再結晶する。フローガイド4の厚さBがビレット9の直径(D)の5%未満では、フローガイド4の強度が十分でなく変形が生じ易くなり、フローガイド4の厚さBがビレット9の直径(D)の25%を越えて長くなると、フローガイド内でのビレットの加工度が大きくなり、押し出された中実材に割れが生じて、強度や伸びが大幅に低下する。なお、中実押出材の形状が矩形の場合には、角部に 0.5 mm 以上のRを付けることにより角部の割れや表層部の再結晶を防止することができる。

40

【0026】

つぎに、本発明の押出方法のうち中空材の押出加工について説明すると、所定の組成を有するアルミニウム合金は、通常の半連続鑄造によりビレットに造塊され、ポートホルダ

50

イスまたはブリッジダイスを用いて熱間で中空材に押出加工される。図3～4にポートホールダイスの構成を示す。図3はダイス雄型12をマンドレル15側から見た正面図、図4はマンドレル15が嵌まり込むダイス部16をそなえたダイス雌型13の背面図、図5はダイス雄型12と雌型13を合わせてなるポートホールダイス11の縦断面図、図6は図5の成形部の拡大図である。

【0027】

ポートホールダイス11は、複数のポート部14、14とマンドレル15を有する雄型12と、ダイス部16をそなえた雌型13を、図5に示すように合わせてなるもので、押出システム(図示せず)で押されたピレットは、分断されてダイス雄型12のポート部14、14に進入したのち、溶着室17においてマンドレル15を取り囲んで再び一体化(溶着)し、溶着室17を出る時、内面をマンドレル15のベアリング部15Aで、外面をダイス部16のベアリング部16Aで成形され中空材となる。なお、ブリッジダイスは、ダイス内でのメタルのフロー、押出圧力、押出作業性などを考慮して雄型の構造を変えたもので、基本的にはポートホールダイスと同様な構造のものである。

10

【0028】

この場合、複数のポート部14、14に進入したアルミニウム合金(メタル)は、ポート部14、14から出て溶着室17に入ると、ポート部14とポート部14の間のブリッジ部18、18の裏側へも回り込み、互いに接合(溶着)するが、ポート部14から出てそのままダイス部16へ流出し、他のポート部14から出るメタルとの溶着に関わらない、すなわち非溶着部でのメタルの流速は、ブリッジ部18の裏側に流れ、他のポート部14から出るメタルとの溶着に関わる、すなわち溶着部でのメタルの流速より早くなり、溶着室17内のメタルの流速に差が生じる。なお、図3～4では、ポート部およびブリッジ部が各2個あるポートホールダイスを示しているが、ポート部およびブリッジ部が各3個以上あるポートホールダイスでも同様である。

20

【0029】

発明者らは、ダイス内におけるメタルの流速の違いと押出された中空材の特性との関係について、試験、検討を重ねた結果、押出割れや溶着部の組織粗大化は、この流速差に起因するものであり、これを防止するためには、溶着室17におけるメタルの溶着部での流速に対する非溶着部での流速の比を1.5以下(非溶着部での流速/溶着部での流速 1.5)として押出加工することが必要であり、メタルの流速比をこの限界範囲内とすることによって、押し出される中空材の断面組織において面積率で60%上の繊維状組織を有する中空押出材とすることができ、耐食性、耐応力腐食割れ性、強度に優れた中空押出材が得られることを知見した。断面組織において面積率で60%上の繊維状組織を有する中空押出材は優れた耐食性および耐応力腐食割れ性をそなえており、押出材の再結晶組織が面積率で20%を越えると粒界腐食が生じ易くなり、40%を越えると許容限度以上の粒界腐食が生じるようになる。

30

【0030】

ダイスの溶着室17におけるメタルの溶着部での流速に対する非溶着部での流速の比を1.5以下として押出加工するためには、例えば、ポートホールダイスのブリッジ幅W(図3)に対するチャンパー深さD(図5～6)の比を調整したダイスを用いる。図7に、 D/W と(非溶着部でのメタルの流速/溶着部でのメタルの流速)の関係の一例を示す。

40

【0031】

続いて、本発明のアルミニウム合金押出材の好ましい製造方法について説明すると、まず、前記の組成を有するアルミニウム合金の溶湯を、例えば、半連続鋳造によりピレットに造塊し、得られたピレットを均質化処理工程で、450以上融点未満の温度で均質化処理し、均質化処理温度から少なくとも250までを、25/h以上の平均冷却速度で冷却する。

【0032】

均質化処理温度が450未満では、均質化が十分に行われず、溶質元素の溶入化も不十分となって、押出直後に水冷する所謂プレス焼入れによって強度を得ようとしても十分な

50

強度を得られない。250 までを平均冷却速度 25 / h 以上の冷却速度で冷却することにより、均質化処理で溶入した溶質元素の固溶状態が維持され、高強度が達成される。冷却速度が 25 / h に満たないと、均質化処理で固溶した溶質成分が析出、且つ凝集して粗大となり、凝集化した成分は再固溶し難いから十分な強度が得難くなる。安定して高強度を得るために、より好ましい冷却速度は 100 / h 以上である。

【0033】

均質化処理工程終了後、押出用ピレットを、押出加工工程において、450 以上の温度に加熱して熱間押出を行い押出材を得る。押出前の押出用ピレットの温度が 450 未満では、溶質元素の溶入化が不十分となり、プレス焼入れで十分な強度を得られず、その温度が融点以上になると押出操作中に割れを引き起こす。

10

【0034】

プレス焼入れを行う場合には、押出直後の押出材の表面温度が 450 以上の温度に保持された状態とし、プレス焼き入れ工程において 10 / 秒以上の冷却速度で 100 以下の温度まで冷却する。押出材の表面温度が 450 未満では、溶質成分が析出する所謂焼入れ遅れが生じ、所望の強度が得られない。冷却速度が 10 / 秒に満たないと、冷却中に溶質成分の析出が生じ所望の強度が得られず耐食性も低下する。より好ましい冷却速度は 50 / 秒以上である。

【0035】

押出材を、通常の焼入れ処理工程に従い、雰囲気炉や塩浴炉等の熱処理炉中で 450 以上の温度で溶体化処理した後、10 / 秒以上の冷却速度で 100 以下まで冷却してもよい。溶体化処理時の熱処理温度が 450 未満では、溶質元素の溶入化が不十分となり所望する強度を得られず、冷却速度が 10 / 秒に満たないと、プレス焼入れ工程の場合と同様に、冷却中に溶質成分の析出が生じて所望の強度が得られず耐食性も低下する。より好ましい冷却速度は 50 / 秒以上である。

20

【0036】

焼入れの終了した押出材は、焼戻し処理工程において 150 ~ 200 で 2 ~ 24 時間焼戻し処理を行い、最終製品とする。焼戻し処理温度が 150 未満では、十分な強度を得るために 24 時間を越える焼戻し処理を行わなければならない、工業生産上不都合となり、200 を越えると、最高到達強度が低くなる。更に、熱処理時間が 2 時間に満たないと十分な強度を得られず、24 時間を越えると強度が低下する。

30

【0037】

【実施例】

以下、本発明の実施例を比較例と対比して説明する。なお、これらの実施例は、本発明の一実施態様を示すものであり、本発明はこれらに限定されるものではない。

【0038】

実施例 1

表 1 に示す組成を有するアルミニウム合金を半連続鑄造により造塊して、直径 100 mm のピレットを製造した。これらのピレットを 530 で 8 時間均質化処理をした後、530 から 250 までを平均冷却速度 250 / h で冷却し、各押出用ピレットとした。

40

【0039】

これらの押出用ピレットを、520 に加熱し、ソリッドダイスを用いて、押出比 2.7、押出速度 6 m / 分で押出加工し、肉厚 1.2 mm、幅 2.4 mm の矩形形状の中実押出材とした。ソリッドダイスのペアリングの長さは 6 mm、オリフィスの角部に 0.5 mm の R を付けた。また、フローガイドはガイド孔を矩形形状とし、ガイド孔の内周面とオリフィスの外周面との距離 (A) を 1.5 mm、厚さ (B) をピレットの直径 100 mm に対して 1.5 mm とした。(B = ピレット直径の 1.5%)

【0040】

ついで、得られた中実押出材を、540 で溶体化処理した後、10 秒以内に水冷による焼入れ処理を行い、焼入れ処理の 3 日後に、175 で 8 時間の人工時効処理 (焼戻し処

50

理)を行いT6材に調質した。これらのT6材を試験材として、以下の方法に従って、(1)直角断面における繊維状組織の面積率の測定、(2)引張試験、(3)粒界腐食試験、(4)応力腐食試験を行い特性を評価した。評価結果を表2に示す。

【0041】

(1)繊維状組織の面積率の測定：押出材の直角断面について、全面積と繊維状組織の面積を、画像解析装置を用いて測定し、その比率(%)を求めた。

(2)引張試験：JIS Z 2241に基づいて各試験片について引張強さ(UTS)、耐力(YS)、破断伸び()を測定する。

(3)粒界腐食試験：塩化ナトリウム(NaCl)57g、30% H_2O_2 10mlを蒸留水で1リットルに調整して試験液とし、この試験液を30℃にして各試験片を6時間浸漬し腐食減量を測定する。腐食減量が1.0%未満のものを耐食性良好と判断した。

(4)応力腐食試験：JIS H 8711に基づいてCリング試験片(直径28mm、厚さ2.2mm)を用いて行い、負荷応力350MPaにおける破断時間を測定し、700時間で割れが認められないものを良好とした。

【0042】

【表1】

合金	組成 (mass%)					
	Si	Mg	Cu	Mn	Cr	その他
A	0.9	1.1	1.8	0.9	0.2	
B	0.9	1.1	1.8	0.6	0.2	
C	0.9	1.1	1.8	1.2	0.2	
D	1.2	1.0	1.8	0.9	0.2	
E	0.8	1.3	1.7	0.9	0.2	
F	0.8	1.0	2.0	0.9	0.2	
G	1.1	1.0	1.0	1.0	0.2	
H	0.9	1.1	1.8	0.9	0	Zr 0.1
I	0.9	1.1	1.8	0.9	0.2	V 0.1
J	0.9	1.1	1.8	0.9	0.3	Zn 0.5

【0043】

【表2】

10

20

30

40

試験材	合金	繊維状組織の面積率 %	引張強さ MPa	耐力 MPa	伸び %	腐食減量 %	応力腐食割れ時間 h
1	A	92	468	423	13	0.2	>700
2	B	88	460	420	15	0.3	>700
3	C	92	475	423	13	0.2	>700
4	D	91	476	423	14	0.3	>700
5	E	91	470	416	21	0.2	>700
6	F	95	480	425	15	0.2	>700
7	G	96	465	413	15	0.3	>700
8	H	95	468	418	15	0.2	>700
9	I	90	478	422	13	0.3	>700
10	J	91	470	419	16	0.3	>700

10

20

【0044】

表2にみられるように、本発明に従う試験材No. 1～10はいずれも、優れた強度、良好な耐食性、耐応力腐食性をそなえている。

【0045】

比較例1

表3に示す組成のアルミニウム合金を半連続鋳造により造塊して、直径100mmのピレットを製造した。これらのピレットを、実施例1と同様に処理して押出用ピレットとし、これらの各押出用ピレットを520に加熱し、実施例1と同じソリッドダイスおよびフローガイドを用いて、実施例1と同一の条件で矩形形状の中実材に押出加工し、実施例1と同様に処理してT6材に調質した。これらのT6材を試験材として、実施例1と同じく、(1)直角断面における繊維状組織の面積率の測定、(2)引張試験、(2)粒界腐食試験、(4)応力腐食割れ試験を行い、特性を評価した。結果を表4に示す。なお、表3～4において、本発明の条件を外れたものには下線を付した。

30

【0046】

【表3】

合金	組成 (mass%)				
	Si	Mg	Cu	Mn	Cr
K	0.9	1.1	1.8	<u>0.2</u>	0.2
L	0.9	1.1	1.8	<u>2.0</u>	0.2
M	1.5	1.1	1.8	0.8	0.2
N	1.0	<u>1.7</u>	1.3	0.9	0.2
O	0.6	1.5	1.8	0.9	0.2
P	1.5	1.3	1.0	0.8	0.2
Q	<u>1.7</u>	0.9	1.1	0.9	0.2
R	0.6	0.9	<u>2.6</u>	0.8	0.2

10

《表注》合金 M は Si+Mg+Cu が範囲外

20

合金 O は $Mg \leq 1.7 \times Si$ を満たさない

合金 P は Mg+Si が範囲外

【 0 0 4 7 】

【表 4】

試験材	合金	繊維状組織の面積率 %	引張強さ MPa	耐力 MPa	伸び %	腐食減量 %	応力腐食割れ時間 h
11	K	<u>55</u>	430	367	15	0.3	120
12	L	83	440	418	6	0.2	>700
13	M	86	478	420	15	1.7	>700
14	N	83	480	420	14	1.3	>700
15	O	84	431	365	14	1.2	>700
16	P	84	429	419	7	1.2	>700
17	Q	83	419	405	6	1.2	>700
18	R	84	468	410	16	1.8	>700

30

40

【 0 0 4 8 】

表 4 に示すように、試験材 No. 11 は Mn 量が少ないため、押出中に再結晶が生じ強度

50

が低下した。また120時間で応力腐食割れが生じた。試験材No.12はMn量が多いため、粗大な金属間化合物が生成し伸びが低下した。試験材No.13は、Si、Mg、Cuの合計量が本発明の範囲から外れているため耐食性が劣る。試験材No.14および15は、それぞれMg量および $Mg \ 1.7 \times Si$ が本発明の範囲から外れているため耐食性が劣っている。試験材No.16および17は、それぞれMg、Siの合計量およびSiが本発明の範囲から外れているため耐食性が劣り、延性の低下が生じた。試験材No.18はCu量が多いため耐食性が劣っている。

【0049】

実施例2

表1に示す組成を有するアルミニウム合金Aを半連続鑄造により造塊して、直径100mmのピレットを製造した。このピレットを表5に示す各製造条件により処理して、表5に示すベアリング長さを有するソリッドダイスを用い、フローガイドを配置することなく、表5に示す押出温度で矩形形状の中実押出材(肉厚12mm、幅24mm)に押出加工した。

10

【0050】

中実押出材を、表5に示す条件でプレス焼入れまたは焼入れ処理し、さらに実施例1と同一の条件で焼戻し処理してT6材とした。なお、表5において、均質化後冷却速度は均質化処理温度から250までの平均冷却速度、プレス焼入れの冷却速度は水冷前の材料温度から100までの平均冷却速度、焼入れ処理の冷却速度は溶体化処理温度から100までの平均冷却速度であり、溶体化処理加熱は雰囲気炉を使用した。

20

【0051】

得られたT6材を試験材として、実施例1と同様、(1)直角断面における繊維状組織の面積率の測定、(2)引張試験、(3)粒界腐食試験、(4)応力腐食割れ試験を行い、特性を評価した。評価結果を表6に示す。

【0052】

比較例2

表1に示す組成を有するアルミニウム合金Aを半連続鑄造により造塊して、直径100mmのピレットを製造した。このピレットを表5に示す各製造条件により処理して、試験材No.29~32、35についてはベアリング長さ6mm、試験材No.33についてはベアリング長さ0.4mm、試験材No.34についてはベアリング長さ65mmのソリッドダイスを用い、また試験材No.29~34についてはフローガイドを配置することなく、試験材No.35、No.36についてはフローガイドを配置して、矩形形状の中実押出材に押出加工した。

30

【0053】

中実押出材を、表5に示す条件でプレス焼入れまたは焼入れ処理し、さらに実施例1と同一の条件で焼戻し処理してT6材とした。なお、表5において、均質化後冷却速度は均質化処理温度から250までの平均冷却速度、プレス焼入れの冷却速度は水冷前の材料温度から100までの平均冷却速度、焼入れ処理の冷却速度は溶体化処理温度から100までの平均冷却速度であり、溶体化処理加熱は雰囲気炉を使用した。

【0054】

得られたT6材を試験材として、実施例1と同様、(1)直角断面における繊維状組織の面積率の測定、(2)引張試験、(2)粒界腐食試験、(4)応力腐食割れ試験を行い、特性を評価した。評価結果を表6に示す。なお、表5において、本発明の条件を外れたものには下線を付した。

40

【0055】

【表5】

処理	均質化 処理温 度 ℃	均質化 後冷却 速度 ℃/h	押出 温度 ℃	ダイス ベアリ ング長 mm	プレス焼入れ		焼入れ処理	
					水冷前材 料温度℃	冷却速度 ℃/秒	温度 ℃	冷却速度 ℃/秒
a1	530	250	520	6	540	100	--	--
b1	500	250	520	7	540	100	--	--
c1	500	100	520	5	540	100	--	--
d1	500	250	500	6	500	100	--	--
e1	500	250	520	8	480	100	--	--
f1	500	250	520	7	540	50	--	--
g1	530	250	520	6	540	100	--	--
h1	530	250	520	8	水冷せず	0.1	540	100
i1	530	250	520	10	水冷せず	0.1	540	50
j1	530	250	520	50	水冷せず	0.1	540	50
k1	530	<u>10</u>	520	6	540	100	--	--
l1	530	250	<u>430</u>	6	540	100	--	--
m1	530	250	520	6	540	<u>5</u>	--	--
n1	530	250	520	6	水冷せず	0.1	540	<u>5</u>
o1	530	250	520	0.4	540	100	--	--
p1	530	250	520	65	540	100	--	--

10

20

30

【 0 0 5 6 】

【 表 6 】

試験材	処理	繊維状組織の面積率 %	引張強さ MPa	耐力 MPa	伸び %	腐食減量 %	応力腐食割れ時間 h	備考	
19	a1	93	447	415	12	0.2	>700	押継ぎ無し フローガイド無し	10
20	b1	95	465	420	12	0.3	>700		
21	c1	94	459	414	13	0.2	>700		
22	d1	94	452	412	12	0.3	>700		
23	e1	94	451	413	13	0.2	>700		
24	f1	94	461	413	14	0.2	>700		
25	g1	95	462	419	12	0.3	>700		
26	h1	93	450	415	15	0.2	>700		
27	i1	81	448	410	13	0.3	>700		
28	j1	70	435	390	11	0.7	>700		
29	k1	86	395	340	13	1.4	>700	30	
30	l1	86	380	334	14	1.5	>700		
31	m1	87	360	322	14	1.5	>700		
32	n1	87	360	300	14	1.6	>700		
33	o1	—	—	—	—	—	—		
34	p1	57	260	150	4	—	—		
35	g1	55	265	145	4	—	—	押継ぎ有り フローガイド有り	A=4mm
36	g1	71	436	392	11	0.7	>700		A=9mm

《表注》試験材No. 33はダイスベアリングが破損、押出中止

【0057】

表6に示すように、本発明の製造条件に従う試験材No. 19~28はいずれも、優れた強度、良好な耐食性、耐力腐食割れ性を示した。これに対して、試験材No. 29~35は、強度、耐食性、耐力腐食割れ性のいずれかにおいて劣っている。すなわち、試験材No. 29は均質化処理後の冷却速度が小さいため、焼戻し処理後の強度が低く耐食性の低下も生じた。試験材No. 30は押出温度が低いため、溶質元素の十分な固溶が達成されず、強度が低くなり耐食性も低下した。試験材No. 31はプレス焼入れ時の冷却速

度が低いため、強度が劣り耐食性も低下した。試験材 No. 32 は溶体化処理後の冷却速度が小さいため、高強度が得られず耐食性も低い。

【0058】

試験材 No. 33 はソリッドダイスのベアリング長さが短いため、押出中にベアリングが破損し押出を中止した。試験材 No. 34 はソリッドダイスのベアリング長さが長過ぎるため、押出温度が上昇して表層部が再結晶し、十分な強度が得られなかった。また、押出材に割れが発生したため腐食試験および耐応力腐食試験ができなかった。

【0059】

フローガイドを配設してピレットを押継ぎする場合、試験材 No. 35 はソリッドダイスの前面に配置したフローガイドのガイド孔の内周面とソリッドダイスのオリフィスの外周面との距離 A が小さいため、押出温度が上昇して表層部が再結晶し、十分な強度が得られなかった。また、押出材に割れが発生したため腐食試験および耐応力腐食割れ試験ができなかった。一方、A が 5 mm 以上である試験材 No. 36 は、表層部の再結晶が少なく、強度、伸び、耐食性、耐応力腐食割れ性は良好であった。

【0060】

実施例 3

表 1 に示す組成を有するアルミニウム合金を半連続鋳造により造塊して、直径 200 mm のピレットを製造した。これらのピレットを 530 で 8 時間均質化処理をした後、530 から 250 までを平均冷却速度 250 / h で冷却し、各押出用ピレットとした。これらの各押出用ピレットを、ブリッジ幅 W に対するチャンバー深さ D の比が 0.5 ~ 0.6 のポートホルダイスを用いて、520 で外径 30 mm、内径 20 mm の管形状に押出加工（押出比：80）した。ダイスの溶着室におけるアルミニウム合金の溶着部での流速に対する非溶着部での流速の比は 1.2 ~ 1.4 であった。

【0061】

ついで、得られた管状押出材を、540 で溶体化処理した後、10 秒以内に水冷による焼入れ処理を行い、焼入れ処理の 3 日後に、175 で 8 時間の人工時効処理（焼戻し処理）を行い T6 材に調質した。これらの T6 材を試験材として、実施例 1 と同じ方法に従って、（1）直角断面における繊維状組織の面積率の測定、（2）引張試験、（3）粒界腐食試験、（4）応力腐食試験を行い特性を評価した。評価結果を表 7 に示す。

【0062】

【表 7】

10

20

30

試験材	合金	繊維状組織の断面積比 %	UTS MPa	TS MPa	δ %	腐食減量 %	応力腐食割れ時間 h
36	A	82	458	413	12	0.2	>700
37	B	85	447	405	13	0.3	>700
38	C	87	470	418	12	0.2	>700
39	D	86	470	415	13	0.3	>700
40	E	86	464	408	20	0.2	>700
41	F	88	470	420	13	0.2	>700
42	G	88	445	404	13	0.3	>700
43	H	88	458	421	12	0.2	>700
44	I	85	465	415	11	0.3	>700
45	J	89	464	414	14	0.3	>700

10

20

【0063】

表7にみられるように、本発明に従う試験材No. 36~45はいずれも、優れた強度、良好な耐食性、耐応力腐食性をそなえている。

【0064】

比較例3

表8に示す組成のアルミニウム合金を半連続鋳造により造塊して、直径200mmのピレットを製造した。これらのピレットを、実施例3と同様に処理して押出用ピレットとし、これらの各押出用ピレットを520 に加熱し、実施例3と同じポートホールダイスを用いて管状押出材とし、実施例3と同様に処理してT6材に調質した。これらのT6材を試験材として、実施例3と同じく、(1)直角断面における繊維状組織の面積率の測定、(2)引張試験、(3)粒界腐食試験、(4)応力腐食割れ試験を行い、特性を評価した。結果を表9に示す。なお、表8~9において、本発明の条件を外れたものには下線を付した。

30

【0065】

【表8】

合金	組成 (mass%)				
	Si	Mg	Cu	Mn	Cr
K	0.9	1.1	1.8	<u>0.2</u>	0.2
L	0.9	1.1	1.8	<u>2.0</u>	0.2
M	1.5	1.1	1.8	0.8	0.2
N	1.0	<u>1.7</u>	1.3	0.9	0.2
O	0.6	1.5	1.8	0.9	0.2
P	1.5	1.3	1.0	0.8	0.2
Q	<u>1.7</u>	0.9	1.1	0.9	0.2
R	0.6	0.9	<u>2.6</u>	0.8	0.2

《表注》合金 M は Si+Mg+Cu が範囲外

合金 O は $Mg \leq 1.7 \times Si$ を満たさない

合金 P は Mg+Si が範囲外

【 0 0 6 6 】

【表 9】

試験材	合金	繊維状組織の断面積比 %	UTS MPa	TS MPa	δ %	腐食減量 %	応力腐食割れ時間 h
46	K	<u>50</u>	424	363	15	0.8	120
47	L	82	430	415	5	0.2	>700
48	M	85	470	415	13	1.6	>700
49	N	81	475	415	12	1.2	>700
50	O	82	425	360	13	1.2	>700
51	P	82	420	415	3	1.2	>700
52	Q	81	415	400	5	1.2	>700
53	R	82	460	405	14	1.8	>700

【 0 0 6 7 】

表 9 に示すように、試験材 No. 46 は Mn 量が少ないため、押出中に再結晶が生じ強度が低下した。また 120 時間で耐応力腐食割れが生じた。試験材 No. 47 は Mn 量が

10

20

30

40

50

多いため、粗大な金属間化合物が生成し伸びが低下した。試験材 No. 48 は、Si、Mg、Cu の合計量が本発明の範囲から外れているため耐食性が劣る。試験材 No. 49、50 は、それぞれ Mg 量、 $Mg = 1.7 \times Si$ が本発明の範囲から外れているため耐食性が劣っている。試験材 No. 51、52 は、それぞれ Mg、Si の合計量、Si が本発明の範囲から外れているため耐食性が劣り、延性の低下が生じた。試験材 No. 53 は Cu 量が多いため耐食性が劣っている。

【0068】

実施例 4

表 1 に示す組成を有するアルミニウム合金 A を半連続鑄造により造塊して、直径 200 mm のピレットを製造した。このピレットを表 10 に示す各製造条件により処理して管状押出材を作製した。押出ダイスとしては、実施例 3 と同じポートホールダイスを用いた。

10

【0069】

管状押出材を、表 10 に示す条件でプレス焼入れまたは焼入れ処理し、さらに実施例 3 と同一の条件で焼戻し処理して T6 材とした。なお、表 10 において、均質化後冷却速度は均質化処理温度から 250 までの平均冷却速度、プレス焼入れの冷却速度は水冷前の材料温度から 100 までの平均冷却速度、焼入れ処理の冷却速度は溶体化処理温度から 100 までの平均冷却速度であり、溶体化処理加熱は雰囲気炉を使用した。

【0070】

得られた T6 材を試験材として、実施例 3 と同様、(1) 直角断面における繊維状組織の面積率の測定、(2) 引張試験、(3) 粒界腐食試験、(4) 応力腐食割れ試験を行い、特性を評価した。評価結果を表 11 に示す。

20

【0071】

比較例 4

表 1 に示す組成を有するアルミニウム合金 A を半連続鑄造により造塊して、直径 200 mm のピレットを製造した。このピレットを表 10 に示す各製造条件により処理して管状押出材を作製した。処理 No. 12 ~ o2 については、実施例 3 と同じポートホールダイスを用いて押出しを行い、処理 No. p2 については、ブリッジ幅 W に対するチャンパー深さ D の比 (D/W) が、0.43 のポートホールダイスを用いて押出しを行った。

【0072】

ついで、管状押出材を、表 10 に示す条件でプレス焼入れまたは焼入れ処理し、さらに実施例 3 と同一の条件で焼戻し処理して T6 材とした。

30

【0073】

得られた T6 材を試験材として、実施例 1 と同様、(1) 直角断面における繊維状組織の面積率の測定、(2) 引張試験、(2) 粒界腐食試験、(4) 応力腐食割れ試験を行い、特性を評価した。評価結果を表 11 に示す。なお、表 10 ~ 11 において、本発明の条件を外れたものには下線を付した。

【0074】

【表 10】

処理	均質化 処理温 度 ℃	均質化 後冷却 速度 ℃/h	押出 温度 ℃	プレス焼入れ		焼入れ処理		流速比
				水冷前材 料温度 ℃	冷却速度 ℃/秒	温度 ℃	冷却速度 ℃/秒	
a2	530	250	520	540	100	—	—	1.2
b2	500	250	520	540	100	—	—	1.3
c2	500	100	520	540	100	—	—	1.2
d2	500	250	500	500	100	—	—	1.3
e2	500	250	520	480	100	—	—	1.4
f2	500	250	520	540	50	—	—	1.3
g2	530	250	520	340	100	—	—	1.2
h2	530	250	520	540	100	—	—	1.3
i2	530	250	520	540	100	—	—	1.2
j2	530	250	520	水冷せず	0.1	540	100	1.2
k2	530	250	520	水冷せず	0.1	540	50	1.3
l2	530	<u>10</u>	520	540	100	—	—	1.3
m2	530	250	<u>430</u>	540	100	—	—	1.2
n2	530	250	520	540	<u>5</u>	—	—	1.4
o2	530	250	520	水冷せず	0.1	540	<u>5</u>	1.2
p2	530	250	520	540	100	—	—	<u>1.6</u>

10

20

《表注》 流速比：ポートホールダイスの溶着室内におけるアルミニウム合金の溶着部での流速に対する非溶着部での流速の比

【 0 0 7 5 】

【 表 1 1 】

試験材	処理	繊維状組織の断面積比 %	UTS MPa	YS MPa	δ %	腐食減量 %	応力腐食割れ時間 h
54	a2	83	448	405	12	0.3	>700
55	b2	84	455	410	12	0.3	>700
56	c2	85	452	406	12	0.2	>700
57	d2	84	445	405	12	0.2	>700
58	e2	84	442	405	13	0.2	>700
59	f2	85	450	405	14	0.3	>700
60	g2	84	458	415	12	0.3	>700
61	h2	84	435	400	14	0.3	>700
62	i2	76	455	412	12	0.2	>700
63	j2	81	447	405	14	0.2	>700
64	k2	81	438	402	12	0.2	>700
65	l2	80	393	334	13	1.3	>700
66	m2	81	376	322	14	1.5	>700
67	n2	81	354	300	14	1.5	>700
68	o2	81	350	290	15	1.7	>700
69	p2	50	280	200	7	5.0	500

10

20

30

【0076】

表11に示すように、本発明の製造条件に従う試験材No. 54~64はいずれも、優れた強度、良好な耐食性、耐応力腐食割れ性を示した。これに対して、試験材No. 65~69は、強度、耐食性、耐応力腐食割れ性のいずれかにおいて劣っている。すなわち、試験材No. 65は均質化処理後の冷却速度が小さいため、焼戻し処理後の強度が低く耐食性の低下も生じた。試験材No. 66は押出温度が低いいため、溶質元素の十分な固溶が達成されず、強度が低くなり耐食性も低下した。

40

【0077】

試験材No. 67はプレス焼入れ時の冷却速度が低いいため、強度が劣り耐食性も低下した。試験材No. 68は溶体化処理後の冷却速度が小さいため、高強度が得られず耐食性も低い。また、試験材No. 69は流速比が大きいため、押出温度の上昇に伴って再結晶層が厚くなり、繊維状組織の断面積比が50%となった。このため、十分な強度が得られず、粒界腐食が生じて腐食減量が大きくなり、500時間で応力腐食が生じた。

【0078】

【発明の効果】

本発明によれば、耐食性および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

50

の製造方法が提供される。当該アルミニウム合金押出材は、従来の鉄系の構造材に代わって自動車、鉄道車両、航空機等の輸送機器の構造材として好適に使用することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明で用いるソリッドダイスとフローガイドを示す断面図である。

【図 2】本発明の中実押出材の肉厚 T を示す図である。

【図 3】本発明で用いるポートホールダイスの雄型の正面図である。

【図 4】本発明で用いるポートホールダイスの雌型の背面図である。

【図 5】図 3 のポートホールダイスの雄型と図 4 の雌型を合わせた縦断面図である。

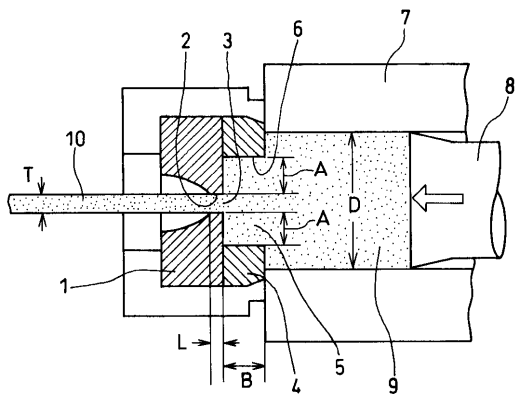
【図 6】図 5 のポートホールダイスの成形部の拡大図である。

【図 7】ポートホールダイスにおけるブリッジ幅 W に対するチャンバー深さ D の比とダイス内でのメタルの流速比との関係を示すグラフである。 10

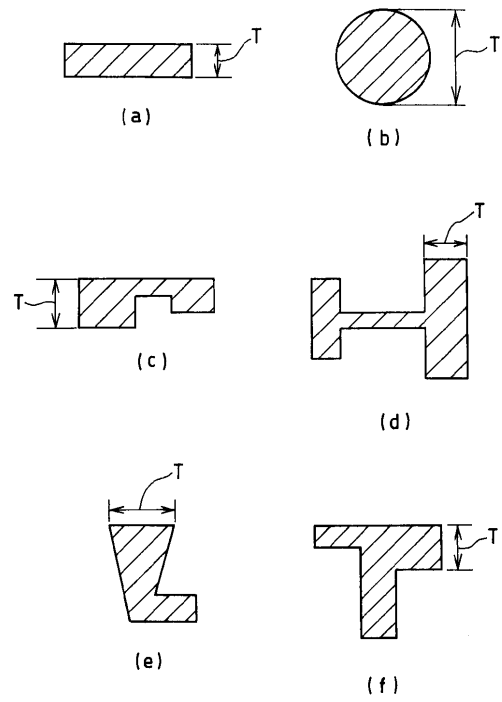
【符号の説明】

1	ソリッドダイス	
2	ベアリング面	
3	オリフィス	
4	フローガイド	
5	ガイド孔	
6	ガイド孔内周面	
7	コンテナ	
8	ステム	20
9	ピレット	
10	中実押出材	
11	ポートホールダイス	
12	雄型	
13	雌型	
14	ポート部	
15	マンドレル	
16	ダイス部	
15A	マンドレルのベアリング部	
16A	ダイス部のベアリング部	30
17	溶着室	

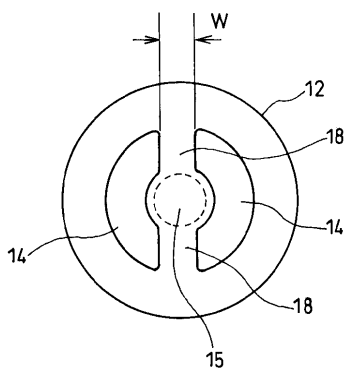
【 図 1 】



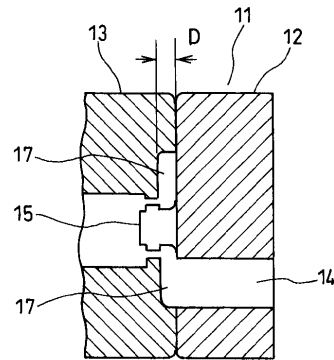
【 図 2 】



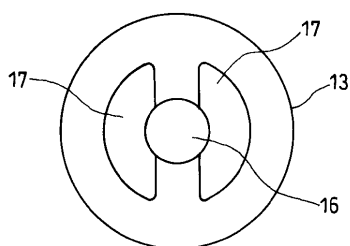
【 図 3 】



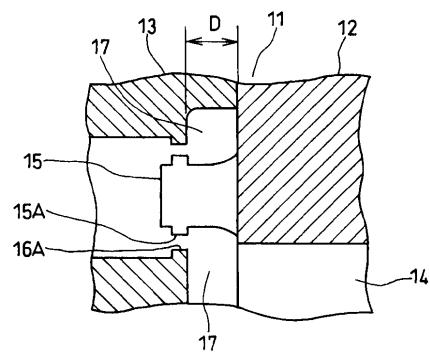
【 図 5 】



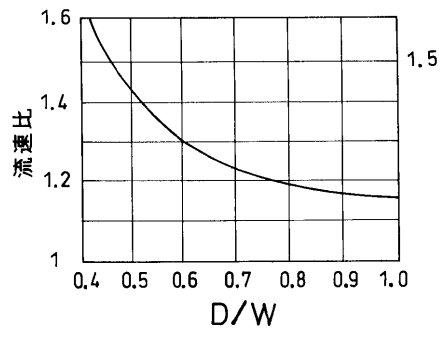
【 図 4 】



【 図 6 】



【図7】



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

(72)発明者 喜田 靖
東京都港区新橋5丁目11番3号 住友軽金属工業株式会社内

審査官 國島 明弘

(56)参考文献 特開平08-225874(JP,A)
特開平10-306338(JP,A)
特開2001-011559(JP,A)
特開2002-001423(JP,A)
特開2002-317255(JP,A)
特開2001-071025(JP,A)
特開2002-126816(JP,A)
特開平11-189837(JP,A)
特開平05-171328(JP,A)
特開平10-317113(JP,A)
米国特許第5503690(US,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C22F 1/057
B21C 23/00
B21C 25/02
C22C 21/00
C22F 1/00