

明 細 書

発明の名称：

鋳造用アルミニウム合金およびこれを用いて鋳造されたアルミニウム鋳物
技術分野

[0001] 本発明は、鋳造用アルミニウム合金およびこれを用いて鋳造されたアルミニウム鋳物に関する。

背景技術

[0002] 特許文献1（国際公開第2015/152133号）には、質量基準で、12.0～14.0%のSi、1.5～4.0%のMg、0.10%以下のMn、残部がAl及び不可避免的不純物からなる、比剛性、強度及び延性に優れた鋳造用Al-Si-Mg系アルミニウム合金、並びにそれからなる鋳造部材が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：国際公開第2015/152133号

発明の概要

課題を解決するための手段

[0004] 本発明の一態様は、1.0～10.0質量%のNi、8.01～18.0質量%のCuを含み、残部がAlおよび不可避不純物である、鋳造用アルミニウム合金である。

[0005] この鋳造用アルミニウム合金によれば、Niの含有量を1.0～10.0質量%にすることで、アルミニウム合金中に、Niに起因する長片状の金属間化合物相であるNi系金属間化合物相を分散して晶出させることができる。このため、アルミニウム合金の剛性を向上させることができる。さらに、Cuの含有量を8.01～18.0質量%にすることで、Ni系金属間化合物相の周辺に、Cuに起因する金属間化合物相であるCu系金属間化合物相を網目状に晶出させることができる。このため、晶出領域が異なるNi系金

属間化合物相およびCu系金属間化合物相を共存させることで、アルミニウム合金の剛性を一層向上させることができる。また、Cu系金属間化合物相が、Ni系金属間化合物相の周辺に網目状のネットワークを形成することで、アルミニウム合金の引張強さを向上させることができる。

[0006] 鋳造用アルミニウム合金において、Niの含有量は、3.0～10.0質量%であることが好ましい。Niの含有量の下限を3.0質量%にすることで、アルミニウム合金中に、Ni系金属間化合物相をより分散して晶出させることができる。このため、アルミニウム合金の剛性を一層向上させることができる。

[0007] 鋳造用アルミニウム合金において、Cuの含有量[Cu]およびNiの含有量[Ni]が以下の条件(1)を満たすことが好ましい。

$$10.0 \leq [\text{Cu}] + 0.87 [\text{Ni}] \leq 23.5 \quad \dots (1)$$

[0008] 鋳造用アルミニウム合金は、5.0～20.0質量%のSiをさらに含むことが好ましい。Siの含有量を5.0～20.0質量%にすることで、アルミニウム合金中に、Si相を分散して晶出させることができる。このため、アルミニウム合金の剛性を向上させることができる。さらに、Niの含有量を1.0～10.0質量%にすることで、Si相の周辺に、Ni系金属間化合物相を晶出させることができる。さらに、Cuの含有量を8.01～18.0質量%にすることで、Si相およびNi系金属間化合物相の周辺に、Cu系金属間化合物相を網目状に晶出させることができる。このため、晶出領域が異なるSi相、Ni系金属間化合物相およびCu系金属間化合物相を共存させることで、アルミニウム合金の剛性を一層向上させることができる。

[0009] 鋳造用アルミニウム合金において、Siの含有量は、5.0～14.5質量%であることが好ましい。Siの含有量の上限を14.5質量%にすることで、アルミニウム合金の凝固過程におけるSi相の粗大化を抑制し、アルミニウム合金の脆化を抑制しやすい。このため、アルミニウム合金の引張強さを向上させやすい。

[0010] 鋳造用アルミニウム合金において、S i の含有量 [S i]、C u の含有量 [C u] およびN i の含有量 [N i] が以下の条件 (2) を満たすことが好ましい。

$$30.0 \leq [S i] + 0.94 [C u] + 2.02 [N i] \leq 42.5 \quad \cdot \cdot (2)$$

[0011] 鋳造用アルミニウム合金は、0.0001～0.1質量%のPをさらに含むことが好ましい。Pの含有量を0.0001～0.1質量%にすることで、アルミニウム合金中に生成されるA l P (リン化アルミニウム) が初晶S i の異質核として作用するため、初晶S i を微細化することができる。このため、アルミニウム合金中に、初晶S i を均一に分散して晶出させやすい。したがって、アルミニウム合金中における剛性および引張強さのばらつきを抑制しやすい。

[0012] 鋳造用アルミニウム合金は、0.01～3.0質量%のM g をさらに含むことが好ましい。M g の含有量を0.01～3.0質量%にすることで、時効処理によりM g に起因する金属間化合物相であるM g 系金属間化合物相を析出させることができる。このため、アルミニウム合金の引張強さを一層向上させることができる。

[0013] 鋳造用アルミニウム合金において、C u の含有量は、9.0～15.5質量%であることが好ましい。

[0014] 本発明の他の態様は、上記の鋳造用アルミニウム合金を用いて鋳造されたアルミニウム鋳物である。剛性が高く、引張強さにも優れたアルミニウム鋳物を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0015] [図1]実施形態に係る鋳造用アルミニウム合金の実施例および比較例の組成、条件 (1) の値、条件 (2) の値、ヤング率および引張強さを示す図。

[図2]比較例1に係る鋳造用アルミニウム合金の試験片の組織についての観察結果を示す図。

[図3]実施例1に係る鋳造用アルミニウム合金の試験片の組織についての観察

結果を示す図。

[図4]実施例2に係る鋳造用アルミニウム合金の試験片の組織についての観察結果を示す図。

[図5]実施例3に係る鋳造用アルミニウム合金の試験片の組織についての観察結果を示す図。

[図6]実施例8に係る鋳造用アルミニウム合金の試験片の組織についての観察結果を示す図。

[図7]実施例10に係る鋳造用アルミニウム合金の試験片の組織についての観察結果を示す図。

[図8]比較例2に係る鋳造用アルミニウム合金の試験片の組織についての観察結果を示す図。

発明を実施するための形態

[0016] 以下、添付図面を参照して、本願が開示する鋳造用アルミニウム合金およびこれを用いて鋳造されたアルミニウム鋳物の実施形態を説明する。なお、本発明は、以下の実施形態に限定されず、特許請求の範囲に規定されたものを含む。

[0017] <第1の実施形態>

第1の実施形態の鋳造用アルミニウム合金は、1.0～10.0質量%のNi、8.01～18.0質量%のCuを含み、残部がAlおよび不可避不純物である。

[0018] 本実施形態において、「鋳造」は、砂型鋳造法、金型鋳造法、ダイカスト法等の各種の鋳造法による鋳造を含む。また、「アルミニウム合金」は、主相としてアルミニウム相を含む合金を意味する。したがって、「鋳造用アルミニウム合金」は、砂型鋳造法、金型鋳造法、ダイカスト法等の各種の鋳造法により鋳造されるアルミニウム合金を意味する。元素の「質量%」は、鋳造用アルミニウム合金の質量に対する元素の質量の百分率を意味する。例えば、「A～B質量%の元素」の表記は、元素の質量%がA%以上B%以下であることを意味する。「残部」は、鋳造用アルミニウム合金を構成する成分

のうち、列挙された元素以外の成分を意味する。例えば、「・・・Ni、・・・Cuを含み、残部がAlおよび不可避不純物である、鋳造用アルミニウム合金。」の表記は、鋳造用アルミニウム合金を構成する成分のうち、NiおよびCu以外の成分がAlおよび不可避不純物であることを意味する。以下の実施形態においても同様である。

[0019] (Ni：ニッケル)

第1の実施形態の鋳造用アルミニウム合金は、1.0～10.0質量%のNiを含む。本実施形態の鋳造用アルミニウム合金においては、Niに起因する長片状の金属間化合物相であるNi系金属間化合物相が、アルミニウム合金中に、例えば、初晶として分散して晶出する。Niの含有量の下限が1.0質量%であるので、Ni系金属間化合物相の生成量を増加させることができる。このため、アルミニウム合金の剛性を向上させることができる。また、Niの含有量の上限が10.0質量%であるので、アルミニウム合金の凝固過程におけるNi系金属間化合物相の粗大化を抑制することができる。このため、例えば、長辺状のNi系金属間化合物相に沿って亀裂が進展するような事態も未然に抑制しやすい。したがって、アルミニウム合金の引張強さの低下を抑制することができる。以下の実施形態においても同様である。

[0020] (Cu：銅)

第1の実施形態の鋳造用アルミニウム合金は、8.01～18.0質量%のCuを含む。本実施形態の鋳造用アルミニウム合金においては、Cuに起因する金属間化合物相であるCu系金属間化合物相が、Ni系金属間化合物相の周辺に、例えば、Alとの共晶として網目状に晶出する。Cuの含有量の下限が8.01質量%であるので、Cu系金属間化合物相の生成量を増加させることができる。このため、アルミニウム合金の剛性を向上させることができる。また、Cuの含有量の上限が18.0質量%であるので、硬質相としてのCu系金属間化合物相の過剰な増加を抑制することができる。このため、アルミニウム合金の脆化を抑制することができる。したがって、アルミニウム合金の引張強さの低下を抑制することができる。以下の実施形態に

においても同様である。

[0021] (A l : アルミニウム、不可避不純物)

第 1 の実施形態の鋳造用アルミニウム合金における残部は、A l および不可避不純物である。残部に含まれる不可避不純物としては、例えば、Z n (亜鉛)、F e (鉄)、M n (マンガン)、C r (クロム)、S n (スズ)、P b (鉛)、V (バナジウム)、T i (チタン) 等の元素が挙げられる。不可避不純物の含有量は、合計で 7. 5 質量%以下であることが好ましく、合計で 5. 0 質量%以下、合計で 4. 0 質量%以下または合計で 3. 0 質量%以下であることがさらに好ましい。以下の実施形態においても同様である。

[0022] 本実施形態の鋳造用アルミニウム合金によれば、N i の含有量を 1. 0 ~ 10. 0 質量%にすることで、アルミニウム合金中に、N i 系金属間化合物相を分散して晶出させることができる。このため、アルミニウム合金の剛性を向上させることができる。さらに、C u の含有量を 8. 01 ~ 18. 0 質量%にすることで、N i 系金属間化合物相の周辺に、C u 系金属間化合物相を網目状に晶出させることができる。このため、晶出領域が異なる N i 系金属間化合物相および C u 系金属間化合物相を共存させることで、アルミニウム合金の剛性を一層向上させることができる。また、C u 系金属間化合物相が、N i 系金属間化合物相の周辺に網目状のネットワークを形成することで、アルミニウム合金の引張強さを向上させることができる。

[0023] 本実施形態の鋳造用アルミニウム合金において、N i の含有量の下限は、1. 5 質量%であることが好ましく、2. 0 質量%、2. 1 質量%、3. 0 質量%、3. 5 質量%または 4. 0 質量%であることがさらに好ましい。また、N i の含有量の上限は、8. 0 質量%であることが好ましく、7. 0 質量%、6. 5 質量%または 6. 1 質量%であることがさらに好ましい。N i の含有量の下限および上限をこのようにすることで、アルミニウム合金の剛性および引張強さの両方を向上させやすい。あるいは、剛性および引張強さのいずれか一方が極端に低下する事態を抑制し、剛性および引張強さの両方をバランスよく発現させやすい。特に、N i の含有量の下限を 3. 0 質量%

にすることで、アルミニウム合金中に、Ni系金属間化合物相をより分散して晶出させることができる。このため、アルミニウム合金の剛性を一層向上させることができる。以下の実施形態においても同様である。

[0024] 本実施形態の鋳造用アルミニウム合金において、Cuの含有量の下限は、8.2質量%であることが好ましく、9.0質量%、9.5質量%、10.0質量%、10.1質量%、10.5質量%、11.0質量%、11.5質量%または11.9質量%であることがさらに好ましい。また、Cuの含有量の上限は、17.5質量%であることが好ましく、17.0質量%、16.5質量%、16.0質量%、15.5質量%、15.0質量%または14.7質量%であることがさらに好ましい。Cuの含有量の下限および上限をこのようにすることで、アルミニウム合金の剛性および引張強さの両方を向上させやすい。あるいは、剛性および引張強さのいずれか一方が極端に低下する事態を抑制し、剛性および引張強さの両方をバランスよく発現させやすい。以下の実施形態においても同様である。

[0025] 本実施形態の鋳造用アルミニウム合金においては、Cuの含有量[Cu]およびNiの含有量[Ni]が以下の条件(1)を満たすように配合されている。

$$10.0 \leq [\text{Cu}] + 0.87 [\text{Ni}] \leq 23.5 \quad \cdots (1)$$

[0026] 本実施形態においては、条件(1)を満たすことにより、アルミニウム合金の剛性および引張強さの両方を向上させやすい。あるいは、剛性および引張強さのいずれか一方が極端に低下する事態を抑制し、剛性および引張強さの両方をバランスよく発現させやすい。条件(1)の下限は、11.0であることが好ましく、12.0または13.0であることがさらに好ましい。また、条件(1)の上限は、23.0であることが好ましく、22.5であることがさらに好ましい。以下の実施形態においても同様である。

[0027] <第2の実施形態>

第2の実施形態の鋳造用アルミニウム合金は、5.0～20.0質量%のSi、1.0～10.0質量%のNi、8.01～18.0質量%のCuを

含み、残部がAlおよび不可避不純物である。

[0028] (Si：ケイ素)

第2の実施形態の鋳造用アルミニウム合金は、5.0～20.0質量%のSiを含む。本実施形態の鋳造用アルミニウム合金においては、Si相が、例えば、初晶Siとして、および、Alとの共晶Siとしてそれぞれ分散して晶出する。Siの含有量の下限が5.0質量%であるので、Si相の晶出量を増加させることができる。このため、アルミニウム合金の剛性を向上させることができる。また、Siの含有量の上限が20.0質量%であるので、アルミニウム合金の凝固過程におけるSi相の粗大化を抑制することができる。このため、アルミニウム合金の脆化を抑制することができる。したがって、アルミニウム合金の引張強さの低下を抑制することができる。さらに、Siの含有量の上限が20.0質量%であるので、Si相の粗大化に伴う、Si相に作用する浮力の増加を抑制することができる。このため、アルミニウム合金中におけるSi相の浮上および／または分離を抑制することができる。したがって、アルミニウム合金の組織および引張強さのばらつきを抑制することができる。以下の実施形態においても同様である。

[0029] 本実施形態の鋳造用アルミニウム合金によれば、Siの含有量を5.0～20.0質量%にすることで、アルミニウム合金中に、初晶および共晶のSi相を分散して晶出させることができる。このため、アルミニウム合金の剛性を向上させることができる。さらに、Niの含有量を1.0～10.0質量%にすることで、Si相の周辺に、Ni系金属間化合物相を晶出させることができる。さらに、Cuの含有量を8.01～18.0質量%にすることで、Si相およびNi系金属間化合物相の周辺に、Cu系金属間化合物相を網目状に晶出させることができる。このため、晶出領域が異なるSi相、Ni系金属間化合物相およびCu系金属間化合物相を共存させることで、アルミニウム合金の剛性を一層向上させることができる。

[0030] 本実施形態の鋳造用アルミニウム合金において、Siの含有量の下限は、5.5質量%であることが好ましく、5.6質量%、6.0質量%、6.5

質量%、7.0質量%、7.5質量%、8.0質量%または8.5質量%であることがさらに好ましい。また、Siの含有量の上限は、18.0質量%であることが好ましく、17.0質量%、16.5質量%、16.4質量%、16.0質量%、15.5質量%、15.0質量%、14.5質量%、14.0質量%、13.8質量%または13.5質量%であることがさらに好ましい。Siの含有量の下限および上限をこのようにすることで、アルミニウム合金の剛性および引張強さの両方を向上させやすい。あるいは、剛性および引張強さのいずれか一方が極端に低下する事態を抑制し、剛性および引張強さの両方をバランスよく発現させやすい。特に、Siの含有量の上限を14.5質量%にすることで、アルミニウム合金の凝固過程におけるSi相の粗大化を抑制し、アルミニウム合金の脆化を一層抑制しやすい。このため、アルミニウム合金の引張強さを向上させやすい。以下の実施形態においても同様である。

[0031] 本実施形態の鋳造用アルミニウム合金においては、Siの含有量[Si]、Cuの含有量[Cu]およびNiの含有量[Ni]が以下の条件(2)を満たすように配合されている。

$$30.0 \leq [\text{Si}] + 0.94 [\text{Cu}] + 2.02 [\text{Ni}] \leq 42.5 \quad \cdots (2)$$

[0032] 本実施形態においては、条件(2)を満たすことにより、アルミニウム合金の剛性および引張強さの両方を向上させやすい。あるいは、剛性および引張強さのいずれか一方が極端に低下する事態を抑制し、剛性および引張強さの両方をバランスよく発現させやすい。条件(2)の下限は、30.5であることが好ましく、31.0または31.5であることがさらに好ましい。また、条件(2)の上限は、42.0であることが好ましく、41.5であることがさらに好ましい。以下の実施形態においても同様である。

[0033] <第3の実施形態>

第3の実施形態の鋳造用アルミニウム合金は、5.0～20.0質量%のSi、1.0～10.0質量%のNi、8.01～18.0質量%のCu、

0.0001～0.1質量%のPを含み、残部がAlおよび不可避不純物である。

[0034] (P：リン)

第3の実施形態の鋳造用アルミニウム合金は、0.0001～0.1質量%のPを含む。Pの含有量の下限が0.0001質量%であるので、初晶Siを微細化する作用を向上させることができる。このため、アルミニウム合金中に、初晶Siを均一に分散して晶出させることができる。また、Pの含有量の上限が0.1質量%であるので、アルミニウム合金の流動性の低下を抑制することができる。したがって、アルミニウム合金の鋳造性を向上させることができる。以下の実施形態においても同様である。

[0035] 本実施形態の鋳造用アルミニウム合金によれば、Pの含有量を0.0001～0.1質量%にすることで、アルミニウム合金中に生成されるAlP（リン化アルミニウム）が初晶Siの異質核として作用するため、初晶Siを微細化することができる。このため、アルミニウム合金中に、初晶Siを均一に分散して晶出させやすい。したがって、アルミニウム合金中における剛性および引張強さのばらつきを抑制しやすい。

[0036] 本実施形態の鋳造用アルミニウム合金において、Pの含有量の下限は、0.0003質量%であることが好ましく、0.0006質量%であることがさらに好ましい。また、Pの含有量の上限は、0.05質量%であることが好ましく、0.04質量%または0.03質量%であることがさらに好ましい。Pの含有量の下限および上限をこのようにすることで、アルミニウム合金の剛性および引張強さのばらつきを抑制しやすい。以下の実施形態においても同様である。

[0037] <第4の実施形態>

第4の実施形態の鋳造用アルミニウム合金は、1.0～10.0質量%のNi、8.01～18.0質量%のCu、0.01～3.0質量%のMgを含み、残部がAlおよび不可避不純物である。

[0038] (Mg：マグネシウム)

第4の実施形態の鋳造用アルミニウム合金は、0.01～3.0質量%のMgを含む。Mgの含有量の下限が0.01質量%であるので、アルミニウム合金の時効処理によりMgに起因する金属間化合物相であるMg系金属間化合物相を析出させる作用を向上させることができる。このため、アルミニウム合金の析出強化を図ることができる。また、Mgの含有量の上限が3.0質量%であるので、Mg系金属間化合物相の過剰な増加を抑制することができる。このため、アルミニウム合金の伸びの低下を抑制することができる。

[0039] 本実施形態の鋳造用アルミニウム合金によれば、Mgの含有量を0.01～3.0質量%にすることで、時効処理によりMgに起因する金属間化合物相であるMg系金属間化合物相を析出させることができる。このため、アルミニウム合金の引張強さを一層向上させることができる。

[0040] 本実施形態の鋳造用アルミニウム合金において、Mgの含有量の下限は、0.05質量%であることが好ましく、0.1質量%、0.2質量%または0.3質量%であることがさらに好ましい。また、Mgの含有量の上限は、2.0質量%であることが好ましく、1.0質量%、0.8質量%または0.6質量%であることがさらに好ましい。Mgの含有量の下限および上限をこのようにすることで、アルミニウム合金の引張強さを向上させやすい。

[0041] 本実施形態の鋳造用アルミニウム合金は、5.0～20.0質量%のSiをさらに含むことが好ましい。また、本実施形態の鋳造用アルミニウム合金は、0.0001～0.1質量%のPをさらに含むことが好ましい。

[0042] 以上の実施形態の鋳造用アルミニウム合金を用いることで、剛性が高く、引張強さにも優れたアルミニウム鋳物を提供することができる。したがって、このアルミニウム鋳物は、高い剛性かつ高い引張強さが求められる多種多様な用途に好適である。このアルミニウム鋳物の用途の例としては、工作機械、ロボットおよび自動車等の構成部品等が挙げられる。

[0043] <実施例>

図1に、以上の実施形態に係る鋳造用アルミニウム合金の実施例および比

較例の組成（質量％）、条件（１）の値、条件（２）の値、ヤング率（GPa）および引張強さ（MPa）を示す。引張強さ（MPa）は、実施例および比較例に係る鋳造用アルミニウム合金の試験片について、「JIS Z 2241（金属材料引張試験方法）」に従って測定された値である。試験片は、金型鋳造法により鋳造した、直径6mm、平行部長さが36mmの14A号試験片を用いた。ヤング率は、引張試験における応力およびひずみの関係の弾性範囲内の傾きから求めた値である。ひずみは、試験片平行部表面に対面に貼付した２枚の１軸ひずみゲージの計測値の平均値とした。

[0044] （実施例１～１０と比較例１との比較）

図１に示すように、実施例１～１０のCuの含有量は8.01質量％以上であるのに対して、比較例１のCuの含有量は8.01質量％未満である。ここで、実施例１～１０のヤング率は95～108GPaであるのに対して、比較例１のヤング率は95GPaである。このため、実施例１～１０では、比較例１と比べて剛性が最大14％程度向上している。また、実施例１～１０の引張強さは170～261MPaであるのに対して、比較例１の引張強さは160MPaである。このため、実施例１～１０では、比較例１と比べて引張強さが最大63％程度（最小でも6％程度）向上している。このように、Cuの含有量の下限を8.01質量％にすることで、鋳造用アルミニウム合金の剛性および引張強さを向上させることができることを確認することができた。

[0045] （実施例１～１０と比較例２との比較）

図１に示すように、実施例１～１０のCuの含有量は18.0質量％以下であるのに対して、比較例２のCuの含有量は18.0質量％を超過する。ここで、実施例１～１０のヤング率は95～108GPaであるのに対して、比較例２のヤング率は104GPaである。このため、実施例１～１０では、比較例２と比べて剛性の変動幅が4～9％の範囲に収まっている。また、実施例１～１０の引張強さは170～261MPaであるのに対して、比較例２の引張強さは119MPaである。このため、実施例１～１０では、

比較例 2 と比べて引張強さが最大 120% 程度（最小でも 43% 程度）向上している。このように、Cu の含有量の上限を 18.0 質量% にすることで、鑄造用アルミニウム合金の剛性のばらつきを抑制し安定的に剛性を発現させるとともに、引張強さを著しく向上させることができることを確認することができた。

[0046] （実施例 2 ～ 9 と実施例 1 との比較）

図 1 に示すように、実施例 2 ～ 9 の Cu の含有量は 9.0 質量% 以上であるのに対して、実施例 1 の Cu の含有量は 9.0 質量% 未満である。ここで、実施例 2 ～ 9 のヤング率は 95 ～ 108 GPa であるのに対して、実施例 1 のヤング率は 99 GPa である。このため、実施例 2 ～ 9 では、実施例 1 と比べて剛性の変動幅が 4 ～ 9% の範囲に収まっている。また、実施例 2 ～ 9 の引張強さは 181 ～ 261 MPa であるのに対して、実施例 1 の引張強さは 172 MPa である。このため、実施例 2 ～ 9 では、実施例 1 と比べて引張強さが最大 52% 程度（最小でも 5% 程度）向上している。このように、Cu の含有量の下限を 9.0 質量% にすることで、鑄造用アルミニウム合金の剛性のばらつきを抑制し安定的に剛性を発現させるとともに、引張強さを向上させることができることを確認することができた。

[0047] （実施例 2 ～ 9 と実施例 10 との比較）

図 1 に示すように、実施例 2 ～ 9 の Cu の含有量は 15.5 質量% 以下であるのに対して、実施例 10 の Cu の含有量は 15.5 質量% を超過する。ここで、実施例 2 ～ 9 のヤング率は 95 ～ 108 GPa であるのに対して、実施例 10 のヤング率は 104 GPa である。このため、実施例 2 ～ 9 では、実施例 10 と比べて剛性の変動幅が 4 ～ 9% の範囲に収まっている。また、実施例 2 ～ 9 の引張強さは 181 ～ 261 MPa であるのに対して、実施例 10 の引張強さは 170 MPa である。このため、実施例 2 ～ 9 では、実施例 10 と比べて引張強さが最大 54% 程度（最小でも 6% 程度）向上している。このように、Cu の含有量の上限を 15.5 質量% にすることで、鑄造用アルミニウム合金の剛性のばらつきを抑制し安定的に剛性を発現させる

とともに、引張強さを向上させることができることを確認することができた。

[0048] (鋳造用アルミニウム合金の組織)

図2～図8に、鋳造用アルミニウム合金の試験片の組織についての観察結果を示す。図2は比較例1、図3は実施例1、図4は実施例2、図5は実施例3、図6は実施例8、図7は実施例10、図8は比較例2のミクロ組織について、走査型電子顕微鏡（SEM）により観察された結果を示す図である。

[0049] 図1に示すように、比較例1は、Cuの含有量が4.7質量%である。図2に示すように、比較例1では、アルミニウム合金中に晶出したSi相10およびNi系金属間化合物相20の周辺に、細い針状のCu系金属間化合物相30が疎らに晶出している。また、比較例1では、アルミニウム合金中にCu系金属間化合物相30が晶出していない部分が多く存在し、Cu系金属間化合物相30が晶出している部分であっても、近接するCu系金属間化合物相30同士が互いに途切れた状態で不連続的に分布している。この結果、図1に示すように、比較例1では、鋳造用アルミニウム合金の引張強さを向上させることが困難となっている。

[0050] 図1に示すように、実施例1は、Cuの含有量が8.2質量%であり、実施例2は、Cuの含有量が10.1質量%であり、実施例3は、Cuの含有量が11.9質量%であり、実施例8は、Cuの含有量が15.0質量%であり、実施例10は、Cuの含有量が17.0質量%である。図3～図7に示すように、実施例1、2、3、8および10では、アルミニウム合金中のほぼ全域にわたってCu系金属間化合物相30がほぼ万遍なく晶出している。また、実施例1、2、3、8および10では、近接するCu系金属間化合物相30同士が互いに繋がった状態で連続的に分布しており、一部のCu系金属間化合物相30の間では網目状のネットワークが形成されている。この結果、図1に示すように、実施例1、2、3、8および10では、鋳造用アルミニウム合金の引張強さを向上させることができている。さらに、図4～

図6に示すように、実施例2、3および8では、網目を構成するCu系金属間化合物相30自体が太く成長しており、網目状のネットワークがアルミニウム合金中のほぼ全域にわたって分布するように拡大している。この結果、図1に示すように、実施例2、3および8では、鋳造用アルミニウム合金の引張強さを一層向上させることができています。

[0051] 図1に示すように、比較例2は、Cuの含有量が18.5質量%である。図8に示すように、比較例2では、網目を構成するCu系金属間化合物相30自体が粒状（塊状）に粗大化しており、網目状のネットワークが分断および／または破壊されている。この結果、図1に示すように、比較例1では、鋳造用アルミニウム合金の引張強さを向上させることが困難となっている。

[0052] このように、鋳造用アルミニウム合金の試験片の組織について観察した結果、晶出領域が異なるSi相10、Ni系金属間化合物相20およびCu系金属間化合物相30を共存させることができることを確認することができた。また、Cuの含有量を8.01～18.0質量%にすることで、Si相10およびNi系金属間化合物相20の周辺に、Cu系金属間化合物相30を網目状に連続的に晶出させることができることを確認することができた。さらに、Cuの含有量を9.0～15.5質量%にすることで、アルミニウム合金中のほぼ全域にわたってCu系金属間化合物相30による網目状のネットワークを形成することができることを確認することができた。この結果、図1に示すように、実施例1～10では、比較例1および2と比べて、鋳造用アルミニウム合金の剛性を向上させること、あるいは剛性を小さい変動幅で安定的に発現させることができており、併せて、引張強さを向上させることができています。

符号の説明

- [0053] 10 Si相
20 Ni系金属間化合物相
30 Cu系金属間化合物相