



(21) 申请号 202210293940.9

(22) 申请日 2022.03.23

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 115141954 A

(43) 申请公布日 2022.10.04

(30) 优先权数据

2021-059496 2021.03.31 JP

2022-003397 2022.01.12 JP

(73) 专利权人 日本碍子株式会社
地址 日本爱知县

(72) 发明人 糟谷由实子 千叶广树

(74) 专利代理机构 北京银龙知识产权代理有限公司 11243
专利代理师 陈彦 孔博

(51) Int. Cl.

C22C 9/06 (2006.01)

C22C 9/02 (2006.01)

C22C 1/02 (2006.01)

C22F 1/08 (2006.01)

C21D 9/46 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 102227510 A, 2011.10.26

JP 2017179538 A, 2017.10.05

CN 103757479 A, 2014.04.30

JP 2016176105 A, 2016.10.06

审查员 刘肖

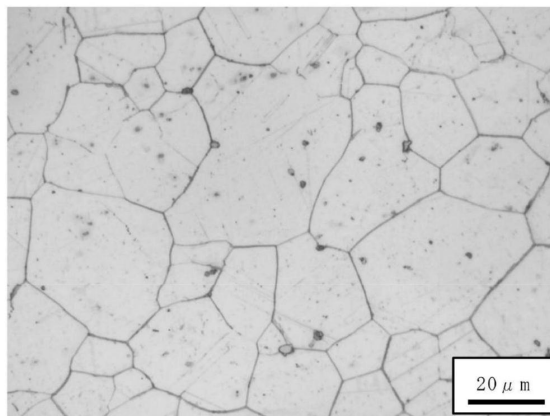
权利要求书1页 说明书10页 附图3页

(54) 发明名称

铜合金及其制造方法

(57) 摘要

本发明提供一种铜合金及其制造方法。本发明制造或提供耐磨损性优异的铜合金。该铜合金包含: Ni: 5~25重量%、Sn: 5~10重量%、选自由Zr、Ti、Fe及Si组成的组中的至少1种元素M: 合计0.01~0.30重量%、选自由Mn、Zn、Mg、Ca、Al及P组成的组中的至少1种元素A: 合计0.01~1.00重量%、以及剩余部分为Cu及不可避免的杂质, 其中, 在所述铜合金中生成有包含Ni-M金属间化合物的Ni基金属间化合物粒子, 所述铜合金的每 1mm^2 单位面积中存在的Ni基金属间化合物粒子的个数为 $1.0 \times 10^3 \sim 1.0 \times 10^6$ 个。



1. 一种铜合金,其包含:
Ni:5~25重量%,
Sn:5~10重量%,
选自由Zr、Ti、Fe和Si组成的组中的至少1种元素M:合计0.01~0.30重量%,
选自由Mn、Zn、Mg、Ca、Al和P组成的组中的至少1种元素A:合计0.01~1.00重量%,以及
剩余部分为Cu和不可避免的杂质,
其中,在所述铜合金中生成有包含Ni-M金属间化合物的Ni基金属间化合物粒子,所述铜合金的每 1mm^2 单位面积中存在的具有 $0.1\mu\text{m}$ 以上的粒径的所述Ni基金属间化合物粒子的个数为 $1.0\times 10^3\sim 1.0\times 10^6$ 个,
所述元素A至少含有Mn。
2. 根据权利要求1所述的铜合金,其中,所述铜合金具有0.4以下的摩擦系数。
3. 根据权利要求1或2所述的铜合金,其中,所述元素M为Zr。
4. 根据权利要求1或2所述的铜合金,其中,所述元素A为Mn。
5. 根据权利要求1或2所述的铜合金,其中,所述元素A的合计含量为0.10~0.40重量%。
6. 根据权利要求1或2所述的铜合金,其中,所述Ni基金属间化合物粒子具有 $0.1\sim 100\mu\text{m}$ 的粒径。
7. 根据权利要求1或2所述的铜合金,其中,在具有 $0.1\mu\text{m}$ 以上的粒径的所述Ni基金属间化合物粒子的总个数中,具有 $0.1\mu\text{m}$ 以上的粒径的所述Ni-M金属间化合物粒子的个数所占的比例为1.0~30%。
8. 一种权利要求1~7中任一项所述的铜合金的制造方法,其包括:
将原料合金熔解及铸造而形成铸块的工序,所述原料合金包含:
Ni:5~25重量%,
Sn:5~10重量%,
选自由Zr、Ti、Fe和Si组成的组中的至少1种元素M:合计0.01~0.30重量%,
选自由Mn、Zn、Mg、Ca、Al和P组成的组中的至少1种元素A:合计0.01~1.00重量%,以及
剩余部分为Cu和不可避免的杂质;
对所述铸块进行热加工或冷加工而制成中间品的工序;
对所述中间品依次实施i) 热处理、ii) 热加工或冷加工、以及iii) 固溶,由此进行加工热处理的工序;以及
对所述加工热处理后的中间品进行时效处理,得到所述铜合金的工序,
所述热处理通过将所述中间品在 $500\sim 950^\circ\text{C}$ 下保持2~24小时来进行。
9. 根据权利要求8所述的铜合金的制造方法,其中,所述固溶通过将所述中间品在 $700\sim 1000^\circ\text{C}$ 下保持5秒~24小时来进行。
10. 根据权利要求8或9所述的铜合金的制造方法,其中,在所述加工热处理后且所述时效处理前,还包括对所述中间品进行精热加工或精冷加工的工序。

铜合金及其制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及铜合金及其制造方法。

背景技术

[0002] 一直以来,具有耐磨损性的材料被用于汽车、建筑机械、农业机械、船舶等各种领域中。这样的具有耐磨损性的材料多用作轴承、活塞衬套、金属衬套等滑动部件(滑动轴承),例如已知有Cu-Ni-Sn合金制、高强度黄铜制、油膜轴承合金(Kelmet)制等材料。

[0003] 作为具有耐磨损性的材料,可根据载荷、旋转速度等使用部位的条件而选择上述的各种合金。作为Cu-Ni-Sn合金制材料,例如在专利文献1(日本特开平8-283889号公报)中公开了以重量%计包含Ni:5~20%、Sn:3~15%、Mn:0.5~5%、剩余部分为Cu和不可避免的杂质的高强度、高硬度铜合金。记载了在该铜合金的基体中析晶出硬的金属间化合物,有助于耐磨损性和耐烧结性的提高。另外,专利文献2(日本特表2019-524984号公报)中公开了一种高强度Cu-Ni-Sn合金,其(以重量%计)包含Ni:2.0~10.0%、Sn:2.0~10.0%、Si:0.01~1.5%、B:0.002~0.45%、P:0.001~0.09%、作为任意成分的预定的金属元素、剩余部分为Cu和不可避免的杂质。

[0004] 现有技术文献

[0005] 专利文献

[0006] 专利文献1:日本特开平8-283889号公报

[0007] 专利文献2:日本特表2019-524984号公报

发明内容

[0008] 如上所述,虽然正在研究Cu-Ni-Sn合金制的耐磨损性材料,但要求耐磨损性的进一步提高。

[0009] 本发明人等此次得到了如下见解:生成了Ni基金属间化合物粒子且具有预定组成的铜合金具有优异的耐磨损性。

[0010] 因此,本发明的目的在于制造或提供一种耐磨损性优异的铜合金。

[0011] 根据本发明的一个方案,提供一种铜合金,其包含:

[0012] Ni:5~25重量%,

[0013] Sn:5~10重量%,

[0014] 选自由Zr、Ti、Fe和Si组成的组中的至少1种元素M:合计0.01~0.30重量%,

[0015] 选自由Mn、Zn、Mg、Ca、Al和P组成的组中的至少1种元素A:合计0.01~1.00重量%,

以及

[0016] 剩余部分为Cu和不可避免的杂质,

[0017] 其中,在所述铜合金中生成有包含Ni-M金属间化合物的Ni基金属间化合物粒子,所述铜合金的每 1mm^2 单位面积中存在的所述Ni基金属间化合物粒子的个数为 $1.0 \times 10^3 \sim 1.0 \times 10^6$ 个。

- [0018] 根据本发明的另一方案,提供一种所述铜合金的制造方法,其包括:
- [0019] 将原料合金熔解及铸造而形成铸块的工序,其中,所述原料合金包含:
- [0020] Ni:5~25重量%,
- [0021] Sn:5~10重量%,
- [0022] 选自由Zr、Ti、Fe和Si组成的组中的至少1种元素M:合计0.01~0.30重量%,
- [0023] 选自由Mn、Zn、Mg、Ca、Al和P组成的组中的至少1种元素A:合计0.01~1.00重量%,
- 以及
- [0024] 剩余部分为Cu和不可避免的杂质;
- [0025] 对所述铸块进行热加工或冷加工而制成中间品的工序;
- [0026] 对所述中间品依次实施i) 热处理、ii) 热加工或冷加工、以及iii) 固溶,由此进行加工热处理的工序;以及
- [0027] 对所述加工热处理后的中间品进行时效处理,得到所述铜合金的工序。

附图说明

- [0028] 图1是例1中得到的铜合金截面的电子显微镜观察图像。
- [0029] 图2A是表示铜合金的摩擦磨损试验中使用的环状的对象材料的示意俯视图。
- [0030] 图2B是表示铜合金的摩擦磨损试验中使用的环状的对象材料的示意主视图。
- [0031] 图3是用于说明作为铜合金的摩擦磨损试验方法的盘上环(ring on disk)试验的概念图。
- [0032] 图4是例2中得到的铜合金截面的电子显微镜观察图像。
- [0033] 图5是例6中得到的铜合金截面的电子显微镜观察图像。
- [0034] 图6是例7中得到的铜合金截面的电子显微镜观察图像。
- [0035] 图7是例8中得到的铜合金截面的电子显微镜观察图像。

具体实施方式

[0036] 铜合金

[0037] 本发明的铜合金包含: Ni:5~25重量%、Sn:5~10重量%、选自由Zr、Ti、Fe及Si组成的组中的至少1种元素M:合计0.01~0.30重量%、选自由Mn、Zn、Mg、Ca、Al及P组成的组中的至少1种元素A:合计0.01~1.00重量%、以及剩余部分为Cu及不可避免的杂质。另外,在该铜合金中生成有包含Ni-M金属间化合物的Ni基金属间化合物粒子。进而,铜合金的每 1mm^2 单位面积中存在的Ni基金属间化合物粒子的个数为 $1.0 \times 10^3 \sim 1.0 \times 10^6$ 个。这样的铜合金的耐磨损性优异。如上所述,一直以来,对Cu-Ni-Sn合金制的耐磨损性材料进行了研究,但要求耐磨损性的进一步提高。与此相对,根据本发明,能够提供耐磨损性优异的铜合金。

[0038] 本发明的铜合金优选具有0.4以下的摩擦系数,更优选具有0.35以下,进一步优选具有0.3以下的摩擦系数。这样的耐磨损性优异的铜合金例如可用于滑动轴承等滑动部件,但只要是需要耐磨损性的部件就没有特别限定。

[0039] 本发明的铜合金由Ni:5~25重量%、Sn:5~10重量%、选自由Zr、Ti、Fe及Si组成的组中的至少1种元素M:合计0.01~0.30重量%、选自由Mn、Zn、Mg、Ca、Al及P组成的组中的

至少1种元素A:合计0.01~1.00重量%、以及剩余部分为Cu及不可避免的杂质构成。该铜合金优选由Ni:8.5~9.5重量%、Sn:5.5~6.5重量%、Zr:0.0~0.2重量%、Ti:0.0~0.2重量%、Fe:0.0~0.2重量%、Si:0.0~0.2重量%、Mn:0.2~0.9重量%、Zn:0.0~0.2重量%、以及剩余部分为Cu和不可避免的杂质(其中,在合计为0.01~0.30重量%的范围内包含Zr、Ti、Fe和Si中的至少1种)构成,或者由Ni:20.0~22.0重量%、Sn:4.5~5.7重量%、Zr:0.0~0.2重量%、Ti:0.0~0.2重量%、Fe:0.0~0.2重量%、Si:0.0~0.2重量%、Mn:0.2~0.9重量%、Zn:0.0~0.2重量%、以及剩余部分为Cu和不可避免的杂质(其中,在合计为0.01~0.30重量%的范围内包含Zr、Ti、Fe和Si中的至少1种)构成。

[0040] 本发明的铜合金的晶体粒径优选为1.0~100 μm ,更优选为1.0~20 μm 。由此,铜合金的延展性进一步提高,能够确保伸长率,能够提高弯曲性。

[0041] 元素M为Zr、Ti、Fe及Si中的至少1种元素。元素M与Ni一起构成Ni-M金属间化合物,有助于包含其的Ni基金属间化合物粒子的生成。认为Ni基金属间化合物粒子生成于铜合金内而发挥犹如轴承的滚子那样的作用,其结果,有助于铜合金的耐磨损性提高。作为Ni-M金属间化合物的例子,为Ni-Zr金属间化合物、Ni-Ti金属间化合物、Ni-Fe金属间化合物、及Ni-Si金属间化合物。元素M优选至少含有Zr,更优选为Zr。因此,Ni-M金属间化合物优选为Ni-Zr金属间化合物。Zr在铜合金和与其接触的对象材料(例如JIS G 4805:SUJ2(高碳铬轴承钢材)等碳钢)之间生成具有最佳硬度的Ni基金属间化合物,因此可进一步期待耐磨损性提高的效果。如上所述,除了Zr以外,对于Ti、Fe和Si,也生成Ni-M金属间化合物,但从铜合金制造时的轧制性的观点出发,与Ti、Fe和Si相比更优选在铜合金中含有Zr。即,通过元素M为Zr,能够有效地实现耐磨损性和轧制性这两者。

[0042] 本发明的铜合金中除了元素M以外还含有Sn,因此作为Ni基金属间化合物粒子,除了Ni-M金属间化合物以外,还有可能生成Ni-Sn金属间化合物(例如Ni₂Sn₃及Ni₃Sn)。因此,Ni基金属间化合物粒子优选含有Ni-M金属间化合物和Ni-Sn金属间化合物,更优选由Ni-M金属间化合物和Ni-Sn金属间化合物构成。在技术上,与Ni-M金属间化合物粒子相比,Ni-Sn金属间化合物粒子在铜合金中生成的个数的比例有可能更多,但仅通过增加Ni-Sn金属间化合物粒子的个数,耐磨损性的效果是不够的。另一方面,虽然Ni-M金属间化合物粒子与Ni-Sn金属间化合物粒子相比,存在个数变少的倾向,但通过使Ni-M金属间化合物生成在铜合金中,能够期待耐磨损性的进一步提高。Ni-Sn金属间化合物(虽然不如Ni-M金属间化合物)也能够一定程度上有助于耐磨损性的提高,因此例如通过在铜合金制造过程中调整热处理条件,能够大量生成Ni-Sn金属间化合物。由此,本发明的铜合金的特征在于,生成了比以往更多的Ni基金属间化合物粒子,并且Ni基金属间化合物粒子包含Ni-M金属间化合物。

[0043] 从提高耐磨损性及轧制性的观点出发,在铜合金中生成的具有0.1 μm 以上的粒径的Ni基金属间化合物粒子的总个数中,具有0.1 μm 以上的粒径的Ni-M金属间化合物粒子的个数所占的比例优选为1.0~30%,更优选为1.0~15%。需要说明的是,用于求出Ni-M金属间化合物粒子的个数比例的测定方法没有特别限定,例如优选使用基于SEM-EDX(能量分散型X射线分光法)的组成分析的方法。此时,可以通过以下的步骤求出Ni-M金属间化合物粒子的个数比例。首先,对铜合金的截面进行研磨后,实施蚀刻而使截面组织出现。对于在该截面中任意选择的5处,分别通过SEM-EDX(能量分散型X射线分光法)以1000倍的倍率进行

拍摄和元素分析。在拍摄得到的各个照片和元素映射图像上的直径60mm (面积2826mm²) 的区域中,测定散布在晶界和晶粒内的Ni基金属间化合物粒子(包含Ni-M金属间化合物粒子)的个数和Ni-M金属间化合物粒子的个数。此时,仅将具有0.1μm以上的粒径的粒子作为Ni基金属间化合物粒子(包含Ni-M金属间化合物粒子)进行计数。将Ni-M金属间化合物粒子的个数除以Ni基金属间化合物粒子的个数,乘以100,由此算出Ni-M金属间化合物粒子的个数相对于Ni基金属间化合物粒子的个数的比例(%)。优选采用在5处的各照片和元素映射图像中得到的值的平均值作为该铜合金的代表值。

[0044] 元素M的合计含量为0.01~0.30重量%。该含量优选为0.01~0.20重量%。通过使该含量为0.30重量%以下,能够抑制Ni基金属间化合物粒子的粗大化而使其微细化,能够提高铸造性和轧制性。通过使该含量为0.01重量%以上,能够控制Ni基金属间化合物粒子的粒径、个数,提高耐磨损性和热轧性。

[0045] 本发明的铜合金中生成的Ni基金属间化合物粒子优选具有0.1~100μm的粒径,更优选具有1.0~20μm,进一步优选具有1.0~10μm的粒径。另外,铜合金的每1mm²单位面积中存在的Ni基金属间化合物粒子的个数为 $1.0 \times 10^3 \sim 1.0 \times 10^6$ 个,优选为 $1.0 \times 10^3 \sim 1.0 \times 10^5$ 个,更优选为 $1.0 \times 10^4 \sim 1.0 \times 10^5$ 个。Ni基金属间化合物粒子的上述粒径、上述个数的测定方法和计算方法没有特别限定,优选将粒径为0.1μm以上的粒子作为Ni基金属间化合物粒子进行计数。

[0046] 元素A为Mn、Zn、Mg、Ca、Al及P中的至少1种元素。通过使本发明的铜合金含有元素A,从而在制造铜合金时,可期待元素A固溶于原料合金中而进行熔液脱氧的效果、防止固溶热处理时的母相晶粒的粗大化的效果。元素A优选至少含有Mn,更优选为Mn。

[0047] 元素A的合计含量为0.01~1.00重量%。其含量优选为0.10~0.40重量%,更优选为0.15~0.30重量%。通过使该含量为0.01重量%以上,能够进一步期待由铜合金包含元素A所带来的上述效果。认为通过使该含量为1.00重量%以下,能够进一步期待由铜合金包含元素A所带来的上述效果,但即使添加超过该含量的量的元素A,也无法期待进一步的效果。另外,在铜合金中含有Mn作为元素A的情况下,优选将Mn的含量设为0.10~0.40重量%。由此,能够抑制晶粒粗大化,提高弯曲加工性。

[0048] 本发明的铜合金中含有不可避免的杂质,作为不可避免的杂质的例子,可以举出B。典型地,铜合金中的B的含量为0重量%或无限接近0重量%。

[0049] 铜合金的制造方法

[0050] 本发明的铜合金的制造方法优选包括:(a)将原料合金熔解及铸造,制成铸块的工序,所述原料合金包含Ni:5~25重量%、Sn:5~10重量%、选自由Zr、Ti、Fe及Si组成的组中的至少1种元素M:合计0.01~0.30重量%、选自由Mn、Zn、Mg、Ca、Al及P组成的组中的至少1种元素A:合计0.01~1.00重量%、以及剩余部分为Cu及不可避免的杂质;(b)对铸块进行热加工或冷加工而制成中间品的工序;(c)对中间品依次实施i)热处理、ii)热加工或冷加工、及iii)固溶,由此进行加工热处理的工序;(d)对加工热处理后的中间品进行时效处理,得到铜合金的工序。由此,能够制造如上所述的耐磨损性优异的铜合金。铜合金的优选方式如上所述,因此省略此处的说明。

[0051] (a)原料合金的熔化和铸造

[0052] 首先,准备原料合金。原料合金优选由Ni:5~25重量%、Sn:5~10重量%、选自由

Zr、Ti、Fe和Si组成的组中的至少1种元素M:合计0.01~0.30重量%、选自由Mn、Zn、Mg、Ca、Al和P组成的组中的至少1种元素A:合计0.01~1.00重量%、以及剩余部分为Cu和不可避免的杂质构成。该原料合金更优选由Ni:8.5~9.5重量%、Sn:5.5~6.5重量%、Zr:0.0~0.2重量%、Ti:0.0~0.2重量%、Fe:0.0~0.2重量%、Si:0.0~0.2重量%、Mn:0.2~0.9重量%、Zn:0.0~0.2重量%、以及剩余部分为Cu和不可避免的杂质(其中,在合计为0.01~0.30重量%的范围内包含Zr、Ti、Fe和Si中的至少1种)构成,或者由Ni:20.0~22.0重量%、Sn:4.5~5.7重量%、Zr:0.0~0.2重量%、Ti:0.0~0.2重量%、Fe:0.0~0.2重量%、Si:0.0~0.2重量%、Mn:0.2~0.9重量%、Zn:0.0~0.2重量%、以及剩余部分为Cu和不可避免的杂质(其中,在合计为0.01~0.30重量%的范围内包含Zr、Ti、Fe和Si中的至少1种)构成。元素M优选至少含有Zr,更优选为Zr。元素A优选至少含有Mn,更优选为Mn。元素M和元素A的优选含量与对于上述铜合金记载的说明相同。

[0053] 在该工序中,对准备好的原料合金进行熔解和铸造,制成铸块。原料合金例如优选在高频熔炉中熔解。铸造方法没有特别限定,可以使用全连续铸造法、半连续铸造法、批量铸造法等方法。另外,可以使用水平铸造法、立式铸造法等方法。所得到的铸块的形状例如可以是板坯、钢坯、钢锭、板、棒、管、块等形状,但没有特别限定,因此也可以是这些以外的形状。

[0054] (b) 铸块的热加工或冷加工

[0055] 对得到的铸块进行热加工或冷加工而制成中间品。作为加工方法,可举出锻造、轧制、挤出、拉拔等。在该工序中,优选通过对铸块进行热加工或冷加工而进行粗轧,得到轧材(中间品)。

[0056] (c) 加工热处理

[0057] 对得到的中间品依次实施i) 热处理、ii) 热加工或冷加工、以及iii) 固溶,由此进行加工热处理。

[0058] 在进行加工热处理的工序中,首先,对中间品进行热处理。该热处理优选在500~950℃下保持2~24小时。热处理的温度更优选为600~800℃、进一步优选为650~750℃。在上述温度下的保持时间更优选为2~12小时、进一步优选为5~10小时。由此,能够使目标的Ni基金属间化合物粒子作为微细的生成物而分散在铜合金中,能够按照上述那样控制Ni基金属间化合物粒子的粒径、以及铜合金的每1mm²单位面积中存在的Ni基金属间化合物粒子的个数。

[0059] 对中间品进行热处理后,进行热加工或冷加工。作为加工方法,可以使用与上述(b)中的方法同样的方法。在此,例如在对中间品实施轧制而形成板状的情况下,优选以由式: $P=100 \times (T-t)/T$ (式中,P为加工率(%),T为轧制前的中间品的板厚(mm),t为轧制后的中间品的板厚(mm))规定的加工率为0~95%的方式进行轧制。

[0060] 对热加工或冷加工后的半成品进行固溶处理。该处理优选在700~1000℃下保持5秒~24小时。固溶处理的温度更优选为750~950℃、进一步优选为800~900℃。上述温度下的保持时间更优选为1分钟~5小时、进一步优选为1~5小时。固溶处理后,优选将中间品骤冷。冷却方法没有特别限定,例如可举出水冷、油冷、空冷等。该冷却的降温速度优选为20℃/s以上,更优选为50℃/s以上。将含有Ni:9.0重量%左右和Sn:6.0重量%左右且剩余部分为Cu和不可避免的杂质的铜合金或与其相近的组成(例如进一步含有Zr、Mn)的铜合金、

含有Ni:21.0重量%左右和Sn:5.0重量%左右且剩余部分为Cu和不可避免的杂质的铜合金或与其相近的组成(例如进一步含有Zr、Mn)的铜合金用于原料合金时,中间品优选在750~850℃保持5~500秒,更优选在750~850℃保持30~240秒。另外,这些中间品优选在固溶处理后立即进行水冷。

[0061] (d)中间品的时效处理

[0062] 对加工热处理后的中间品进行时效处理,得到铜合金。通过时效处理,能够提高得到的铜合金的强度。时效处理的温度优选为300~500℃、更优选为350~450℃。上述温度下的保持时间优选为1~24小时、更优选为2~12小时。

[0063] 通过经过上述(a)~(d)的工序,能够优选地制造耐磨损性优异的铜合金。

[0064] 另外,也可以在上述(c)的加工热处理后且上述(d)的时效处理前,对中间品进行精热加工或精冷加工。即,优选在加工热处理后且时效处理前,还包括对中间品进行精热加工或精冷加工的工序。例如,通过在加工热处理后且时效处理前,对中间品进行基于精冷加工的精轧,能够使中间品的板厚成为目标的板厚。

[0065] 实施例

[0066] 通过以下的例子进一步具体地说明本发明。

[0067] 例1

[0068] 通过以下的步骤制作铜合金并进行评价。

[0069] (1)原料合金的熔化和铸造

[0070] 准备原料合金(Ni:8.5~9.5重量%、Sn:5.5~6.5重量%、Zr:0.14重量%、Mn:0.35重量%、剩余部分为Cu和不可避免的杂质)。将该原料合金用高频熔炉溶解,通过立式铸造法进行铸造,得到直径320mm的圆状的铸块。

[0071] (2)铸块的热加工或冷加工

[0072] 对得到的铸块进行均热处理,进行热加工和冷加工,由此得到中间品。

[0073] (3)加工热处理

[0074] 对得到的中间品进行热处理。具体而言,将中间品在730℃下保持6小时,使中间品中生成Ni基金属间化合物粒子。接着,通过以加工率成为50%的方式对该中间品进行冷加工而进行轧制,将中间品成型为板状。进而,通过将该中间品在820℃下加热60秒而进行固溶,之后立即通过水冷以20℃/s的降温速度进行骤冷。这样,对中间品进行加工热处理。

[0075] (4)中间品的精热加工或精冷加工

[0076] 通过对加工热处理后的中间品进行冷轧(精轧),使中间品的厚度为1.5mm。

[0077] (5)中间品的时效处理

[0078] 将精轧后的中间品在375℃下保持2小时,由此对中间品进行时效处理,得到铜合金。

[0079] (6)评价

[0080] 对得到的铜合金进行以下的评价。

[0081] <截面观察>

[0082] 对上述(5)中得到的铜合金的截面进行研磨后实施蚀刻,利用电子显微镜以1000倍的倍率观察该截面。将结果示于图1。在图1中,黑色的点表示Ni基金属间化合物粒子,可知分散生成有大量的Ni基金属间化合物粒子。

[0083] 另外,对于该铜合金中生成的Ni基金属间化合物粒子,测定Ni基金属间化合物粒子的粒径、以及铜合金的每 1mm^2 单位面积中存在的Ni基金属间化合物粒子的个数。具体而言,通过以下的方法进行测定。对铜合金的截面进行研磨后,实施蚀刻而使截面组织出现。对于在该截面上任意选择的10处,分别利用电子显微镜以1000倍的倍率进行拍摄。在拍摄得到的各照片上的纵 82mm 、横 118mm (面积 9676mm^2)的区域中,测定散布在晶界和晶粒内的Ni基金属间化合物粒子的尺寸和数量。此时,仅将具有 $0.1\mu\text{m}$ 以上的粒径的粒子作为Ni基金属间化合物粒子进行计数。在各照片中,将Ni基金属间化合物粒子的个数换算为每 1mm^2 单位面积的个数。对这10处的每 1mm^2 单位面积的Ni基金属间化合物粒子的个数进行算术平均,求出铜合金的每 1mm^2 单位面积存在的Ni基金属间化合物粒子的个数。其结果,铜合金的每 1mm^2 单位面积中存在的Ni基金属间化合物粒子的个数为 2.0×10^4 个。另外,测定各照片内可见的Ni基金属间化合物粒子的纵尺寸和横尺寸,算出10张照片中可见的所有Ni基金属间化合物粒子的纵尺寸的合计和横尺寸的合计。将这些纵尺寸的合计和横尺寸的合计分别除以10张照片中可见的所有Ni基金属间化合物粒子的合计个数,由此算出Ni基金属间化合物粒子的纵尺寸和横尺寸各自的平均值。将最后算出的纵尺寸和横尺寸各自的平均值相加并除以2,由此求出Ni基金属间化合物粒子的粒径。其结果,Ni基金属间化合物粒子的粒径为 $1.5\mu\text{m}$ 。

[0084] 进而,按照以下的步骤求出在该铜合金中生成的Ni基金属间化合物粒子的总个数中,Ni-M金属间化合物粒子的个数所占的比例。首先,对铜合金的截面进行研磨后,实施蚀刻而使截面组织出现。对于在该截面中任意选择的5处,分别通过SEM-EDX(能量分散型X射线分光法)以1000倍的倍率进行拍摄和元素分析。在这样取得的各个照片和元素映射图像上的直径 60mm (面积 2826mm^2)的区域中,测定了散布在晶界和晶粒内的Ni基金属间化合物粒子(包含Ni-M金属间化合物粒子)的个数和Ni-M金属间化合物粒子的个数。此时,仅将具有 $0.1\mu\text{m}$ 以上的粒径的粒子作为Ni基金属间化合物粒子(包含Ni-M金属间化合物粒子)进行计数。将Ni-M金属间化合物粒子的个数除以Ni基金属间化合物粒子的个数,乘以100,由此算出Ni-M金属间化合物粒子的个数相对于Ni基金属间化合物粒子的个数的比例(%)。5处的各照片及元素映射图像中的、Ni-M金属间化合物粒子的个数相对于Ni基金属间化合物粒子的个数的比例分别为7.5%、4.6%、6.4%、5.8%及13.6%,它们的平均值为7.58%。

[0085] <摩擦磨损试验>

[0086] 通过对上述(5)中得到的铜合金进行如下试验,从而评价铜合金的耐磨损性。将该铜合金机械加工成一边为 30mm 及厚度为 $1.0 \sim 5.0\text{mm}$ 的形状的试验片(方板)。另外,将图2A和2B所示那样的形状的钢材(环)用于相对于铜合金的对象材料(图2B中的数值的单位为 mm)。如图3所示,使用试验片和对象材料,利用摩擦磨损试验机EFM-3-H(株式会社A&D制),在室温(25°C)下进行盘上环试验。根据通过该试验得到的试验片的磨损量和摩擦系数,评价耐磨损性。以下示出此时的试验条件和试验方法的详细情况。

[0087] (试验条件)

[0088] -载荷:40N

[0089] -滑动速度:3m/s

[0090] -试验片尺寸:30mm×30mm

[0091] -试验片及对象材料的表面粗糙度:Ra $0.4\mu\text{m}$ 以下

[0092] -对象材料材质:轴承钢(JIS G 4805:SUJ2)、HRC60以上

[0093] (试验方法)

[0094] 如图3所示,在使试验片与对象材料以滑动面接触的状态下,以载荷40N对固定的对象材料加压,使试验片旋转30分钟。使其以设定的载荷和滑动速度旋转滑动,检测剪切力作为摩擦力,算出摩擦系数。另外,分别测定试验前和试验后的试验片的质量,算出磨损量(mg)。可以说当摩擦系数小、磨损量少时,耐磨损性更良好。

[0095] 试验的结果是,试验片的磨损量为3.6mg,摩擦系数为0.30。观察试验后的试验片表面,结果依据JIS B0601-2001测定的算术平均粗糙度Ra为1.32 μm ,依据JIS B0601-2001测定的十点平均粗糙度Rz jis为8.21 μm 。来自试验片的磨损粉的粒径为200 μm 。

[0096] 例2

[0097] 在进行上述(3)的加工热处理的工序中,通过热处理将中间品在565 $^{\circ}\text{C}$ 保持6小时,在中间品中生成Ni基金属间化合物粒子,除此以外,与例1同样地进行铜合金的制作和评价。

[0098] 截面观察的结果可知,在图4中,生成了Ni基金属间化合物粒子。另外,Ni基金属间化合物粒子的粒径为1.0 μm ,铜合金的每1 mm^2 单位面积中存在的Ni基金属间化合物粒子的个数为 1.0×10^4 个。在通过SEM-EDX取得的5处的各照片和元素映射图像中,Ni-M金属间化合物粒子的个数相对于Ni基金属间化合物粒子的个数的比例分别为17.9%、19.3%、14.5%、11.5%和13.4%,它们的平均值为15.32%。摩擦磨损试验的结果是,试验片的磨损量为6.8mg,摩擦系数为0.32。观察试验后的试验片表面,结果依据JIS B0601-2001测定的算术平均粗糙度Ra为1.47 μm ,依据JIS B0601-2001测定的十点平均粗糙度Rz jis为9.84 μm 。来自试验片的磨损粉的粒径为450 μm 。

[0099] 例3

[0100] 作为上述(1)的原料合金,使用组成为Ni:10.6重量%、Sn:5.5重量%、Si:0.45重量%、Mn:0.37重量%、剩余部分为Cu和不可避免的杂质的合金(即,仅添加Si作为元素M的合金),除此以外,与例1同样地进行铜合金的制作和评价。

[0101] 截面观察的结果可知,生成了Ni基金属间化合物粒子。另外,Ni基金属间化合物粒子的粒径为10 μm ,铜合金的每1 mm^2 单位面积中存在的Ni基金属间化合物粒子的个数为 1.0×10^4 个。在通过SEM-EDX取得的5处的各照片和元素映射图像中,Ni-M金属间化合物粒子的个数相对于Ni基金属间化合物粒子的个数的比例分别为5.2%、10.2%、6.6%、3.8%和3.7%,它们的平均值为5.90%。摩擦磨损试验的结果是,试验片的磨损量为0.7mg,摩擦系数为0.32。观察试验后的试验片表面,结果依据JIS B0601-2001测定的算术平均粗糙度Ra为0.92 μm ,依据JIS B0601-2001测定的十点平均粗糙度Rz jis为5.49 μm 。来自试验片的磨损粉的粒径为300 μm 。

[0102] 例4

[0103] 作为上述(1)的原料合金,使用组成为Ni:10.5重量%、Sn:5.4重量%、Fe:1.38重量%、Si:0.02重量%、Mn:0.18重量%、剩余部分为Cu和不可避免的杂质的合金(即添加了Fe和Si作为元素M的合金),除此以外,与例1同样地进行铜合金的制作和评价。

[0104] 截面观察的结果可知,生成了Ni基金属间化合物粒子。另外,Ni基金属间化合物粒子的粒径为1.0 μm ,铜合金的每1 mm^2 单位面积中存在的Ni基金属间化合物粒子的个数为2.0

$\times 10^3$ 个。摩擦磨损试验的结果是,试验片的磨损量为3.9mg,摩擦系数为0.38。观察试验后的试验片表面,结果依据JIS B0601-2001测定的算术平均粗糙度Ra为1.47 μm ,依据JIS B0601-2001测定的十点平均粗糙度Rz jis为8.71 μm 。来自试验片的磨损粉的粒径为400 μm 。

[0105] 例5

[0106] 作为上述(1)的原料合金,使用组成为Ni:10.6重量%、Sn:5.4重量%、Ti:0.75重量%、Si:0.07重量%、Mn:0.41重量%、剩余部分为Cu和不可避免的杂质的合金(即添加了Ti和Si作为元素M的合金),除此以外,与例1同样地进行铜合金的制作和评价。

[0107] 截面观察的结果可知,生成了Ni基金属间化合物粒子。另外,Ni基金属间化合物粒子的粒径为25 μm ,铜合金的每1 mm^2 单位面积中存在的Ni基金属间化合物粒子的个数为 2.0×10^3 个。摩擦磨损试验的结果是,试验片的磨损量为5.0mg,摩擦系数为0.40。观察试验后的试验片表面,结果依据JIS B0601-2001测定的算术平均粗糙度Ra为1.41 μm ,依据JIS B0601-2001测定的十点平均粗糙度Rz jis为6.94 μm 。来自试验片的磨损粉的粒径为200 μm 。

[0108] 例6

[0109] 作为上述(1)的原料合金,使用组成为Ni:20.0~22.0重量%、Sn:4.5~5.7重量%、Zr:0.21重量%、Mn:0.34重量%、剩余部分为Cu和不可避免的杂质的合金,除此以外,与例1同样地进行铜合金的制作和评价。

[0110] 截面观察的结果可知,在图5中,生成了Ni基金属间化合物粒子。另外,Ni基金属间化合物粒子的粒径为3.0 μm ,铜合金的每1 mm^2 单位面积中存在的Ni基金属间化合物粒子的个数为 5.0×10^3 个。在通过SEM-EDX取得的5处的各照片和元素映射图像中,Ni-M金属间化合物粒子的个数相对于Ni基金属间化合物粒子的个数的比例分别为6.9%、14.1%、5.7%、4.3%和15.8%,它们的平均值为9.36%。摩擦磨损试验的结果是,试验片的磨损量为6.8mg,摩擦系数为0.33。观察试验后的试验片表面,结果依据JIS B0601-2001测定的算术平均粗糙度Ra为0.53 μm ,依据JIS B0601-2001测定的十点平均粗糙度Rz jis为5.24 μm 。来自试验片的磨损粉的粒径为100 μm 。

[0111] 例7(比较)

[0112] 作为上述(1)的原料合金,使用组成为Ni:9.14重量%、Sn:6.18重量%、Zr:0.10重量%、Mn:0.33重量%、剩余部分为Cu和不可避免的杂质的合金,以及没有进行上述(2)~(5)而进行了如下的固溶处理和时效处理,除此以外,与例1同样地进行铜合金的制作和评价。

[0113] (固溶处理和时效处理)

[0114] 对上述(1)中得到的铸块进行固溶热处理(在800~900 $^{\circ}\text{C}$ 下保持2~8小时后,进行水冷的处理)和时效热处理(在300~400 $^{\circ}\text{C}$ 下保持0.5~4小时后,进行空冷的处理),得到铜合金。即,没有进行上述(2)中的对铸块进行热加工或冷加工而制成中间品的工序、上述(3)中的除固溶以外的工序、以及上述(4)的进行精轧的工序。

[0115] 截面观察结果可知,在图6中,生成了Ni基金属间化合物粒子。另外,Ni基金属间化合物粒子的粒径为2.0 μm ,铜合金的每1 mm^2 单位面积中存在的Ni基金属间化合物粒子的个数为 8.0×10^2 个。摩擦磨损试验的结果是,试验片的磨损量为6.8mg,摩擦系数为0.53。观察试验后的试验片表面,结果依据JIS B0601-2001测定的算术平均粗糙度Ra为4.04 μm ,依据JIS B0601-2001测定的十点平均粗糙度Rz jis为18.2 μm 。来自试验片的磨损粉的粒径为500

μm。

[0116] 例8(比较)

[0117] 作为上述(1)的原料合金,使用组成为Ni:8.5~9.5重量%、Sn:5.5~6.5重量%、Mn:0.35重量%、剩余部分为Cu和不可避免的杂质的合金(即,未添加元素M的合金),并且没有进行上述(3)的加工热处理,除此以外,与例1同样地进行铜合金的制作和评价。

[0118] 截面观察的结果可知,在图7中,没有生成Ni基金属间化合物粒子。摩擦磨损试验的结果是,试验片的磨损量为6.8mg,摩擦系数为0.46。观察试验后的试验片表面,结果依据JIS B0601-2001测定的算术平均粗糙度Ra为2.86μm,依据JIS B0601-2001测定的十点平均粗糙度Rz jis为16.22μm。来自试验片的磨损粉的粒径为500μm。

[0119] 例9

[0120] 作为上述(1)的原料合金,使用组成为Ni:20.0~22.0重量%、Sn:4.5~5.5重量%、Zr:0.16重量%、Mn:0.35重量%、剩余部分为Cu和不可避免的杂质的合金,除此以外,与例1同样地进行铜合金的制作和评价。

[0121] 截面观察的结果可知,生成了Ni基金属间化合物粒子。另外,Ni基金属间化合物粒子的粒径为4.8μm,铜合金的每1mm²单位面积中存在的Ni基金属间化合物粒子的个数为 1.66×10^3 个。在通过SEM-EDX取得的5处的各照片及元素映射图像中,Ni-M金属间化合物粒子的个数相对于Ni基金属间化合物粒子的个数的比例分别为4.3%、7.1%、7.4%、7.8%及8.1%,它们的平均值为6.94%。摩擦磨损试验的结果是,试验片的磨损量为3.3mg,摩擦系数为0.25。观察试验后的试验片表面,结果依据JIS B0601-2001测定的算术平均粗糙度Ra为1.21μm,依据JIS B0601-2001测定的十点平均粗糙度Rz jis为7.54μm。来自试验片的磨损粉的粒径为37μm。

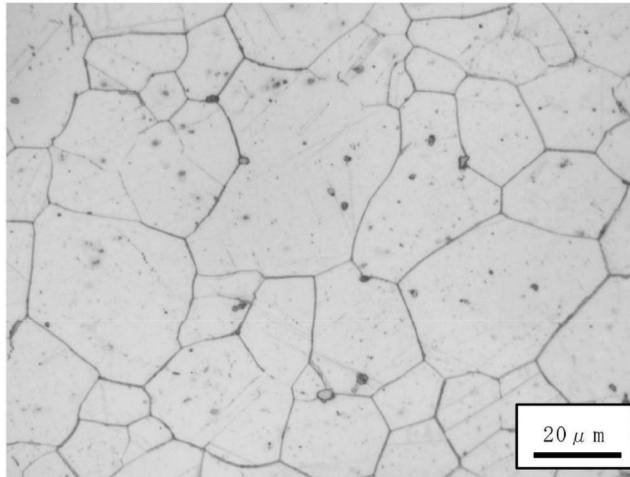


图1

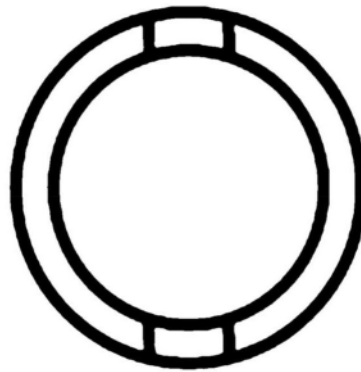


图2A

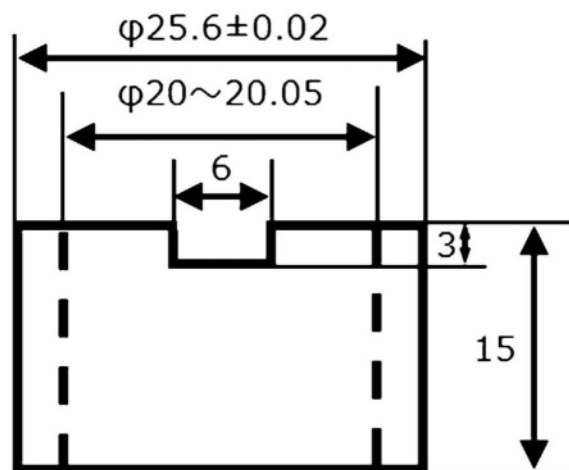


图2B

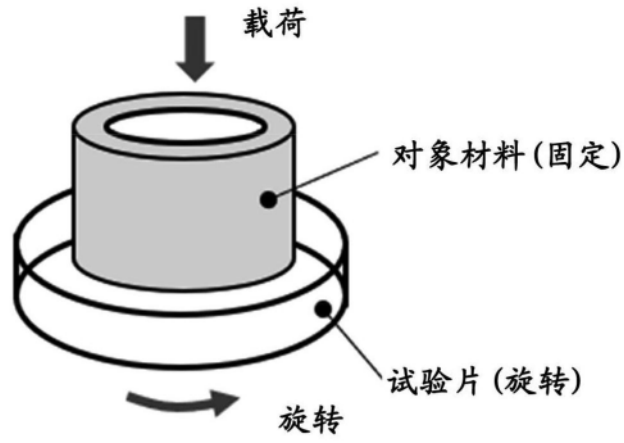


图3

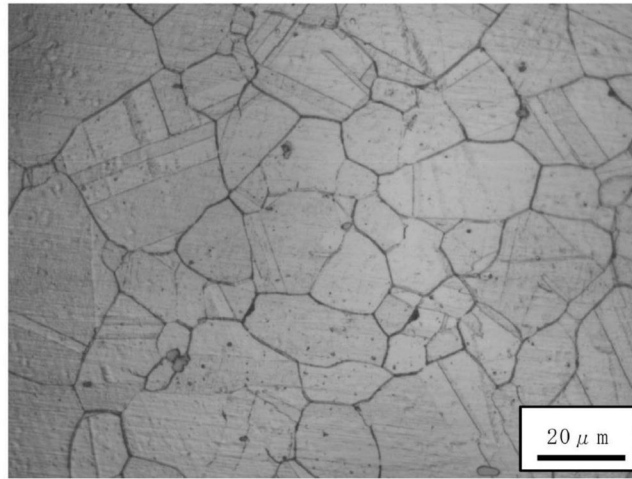


图4

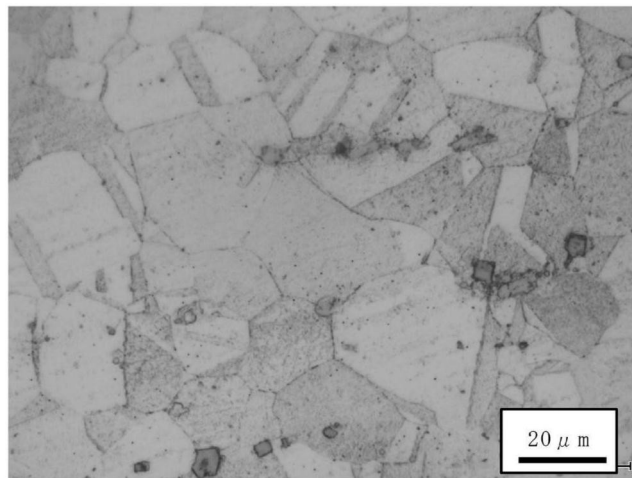


图5

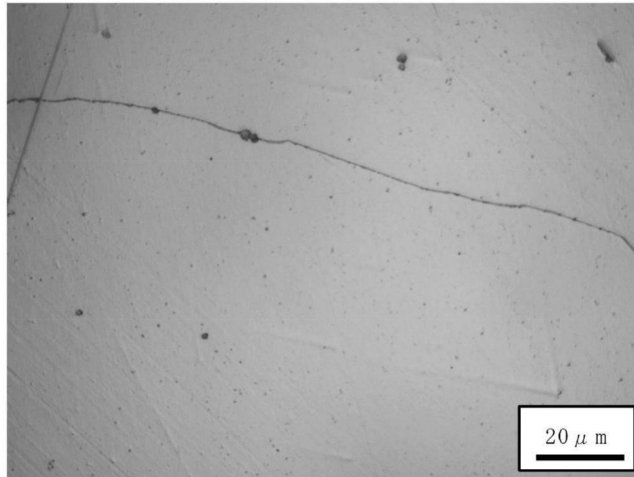


图6

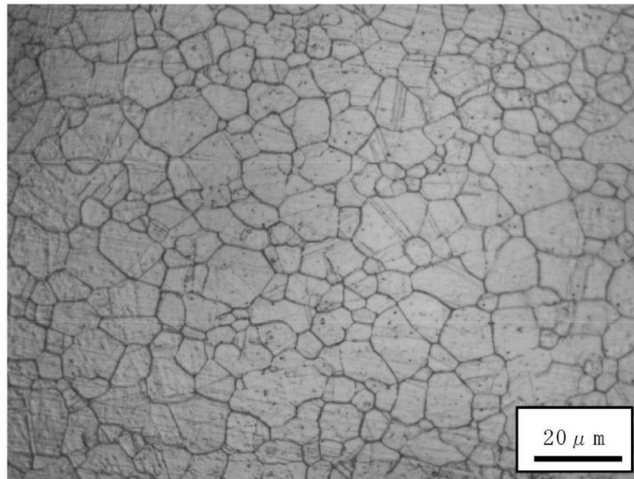


图7