(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 117897510 A
(43)申请公布日 2024.04.16

(21)申请号 202280059518.5
(22)申请日 2022.10.12
(30)优先权数据
2021-167385 2021.10.12 JP
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2024.03.01
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2022/038028 2022.10.12
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2023/063346 JA 2023.04.20
(71)申请人 三菱综合材料株式会社
地址 日本东京
(72)发明人 小林敬成 船木真一 牧一诚 伊藤优树 井上雄基
(74)专利代理机构 北京德琦知识产权代理有限公司 11018
专利代理师 刁兴利 康泉
(51)Int.Cl.
C22C 9/00(2006.01)
C22F 1/00(2006.01)
C22F 1/08(2006.01)

权利要求书1页 说明书16页 附图2页

(54)发明名称

铜合金、铜合金塑性加工材、电子电气设备用部件、端子、汇流条、引线框架

(57)摘要

本发明的铜合金具有如下组成:含有0.10质量%以上且2.6质量%以下的范围内的Mg且剩余部分为Cu及不可避免的杂质,其中,在应变速度1.0×10^{-6}/s的低速拉伸试验中获得的应力-应变曲线的塑性变形区域内,刃型曲线的应变周期的平均值为0.01%以上且1.0%以下,刃型曲线的应力的高低差的平均值为0.1MPa以上且2MPa以下,且具有5个以上的应变周期为0.01%以上且1.0%以下且应力的高低差为0.1MPa以上且2MPa以下的刃型曲线。

CN 117897510 A

1.一种铜合金,其特征在于,其具有如下组成:含有0.10质量%以上且2.6质量%以下的范围内的Mg且剩余部分为Cu及不可避免的杂质,

在应变速度1.0×10^{-6}/s的低速拉伸试验中获得的应力-应变曲线的塑性变形区域内,刃型曲线的应变周期的平均值为0.01%以上且1.0%以下,刃型曲线的应力的高低差的平均值为0.1MPa以上且2MPa以下,且具有5个以上的应变周期为0.01%以上且1.0%以下且应力的高低差为0.1MPa以上且2MPa以下的刃型曲线。

2.根据权利要求1所述的铜合金,其特征在于,

通过EBSD法,以测定间隔0.1μm步长测定1000μm^2以上的测定面积并排除利用数据分析软件OIM分析而得的CI值为0.1以下的测定点而进行分析时,由晶体粒径的长径a和短径b表示的纵横比b/a为0.95以下,其中晶体包括孪晶。

3.根据权利要求1或2所述的铜合金,其特征在于,

拉伸强度为350MPa以上。

4.根据权利要求1或2所述的铜合金,其特征在于,

将Mg的含量设定为A原子%时,导电率σ满足以下关系式,

$\sigma\leqslant1.7680/(-0.0200\times A^2+0.5769\times A+1.7)\times100$,

其中,导电率σ的单位为%IACS。

5.根据权利要求1或2所述的铜合金,其特征在于,

还含有0.0005质量%以上且0.1质量%以下的范围内的P。

6.根据权利要求5所述的铜合金,其特征在于,

将Mg的含量设定为A原子%,将P的含量设定为B原子%,将Mg当量A_X设定为$A_X=(A-1.5\times B)$时,导电率σ满足以下关系式,

$\sigma\leqslant1.7680/(-0.0200\times A_X^2+0.5769\times A_X+1.7)\times100$,

其中,导电率σ的单位为%IACS。

7.一种铜合金塑性加工材,其特征在于,其由权利要求1或2所述的铜合金构成。

8.根据权利要求7所述的铜合金塑性加工材,其特征在于,其为厚度在0.1mm以上且10mm以下的范围内的轧制板。

9.根据权利要求7所述的铜合金塑性加工材,其特征在于,

在表面具有金属镀层。

10.一种电子电气设备用部件,其特征在于,其由权利要求7所述的铜合金塑性加工材构成。

11.一种端子,其特征在于,其由权利要求7所述的铜合金塑性加工材构成。

12.一种汇流条,其特征在于,其由权利要求7所述的铜合金塑性加工材构成。

13.一种引线框架,其特征在于,其由权利要求7所述的铜合金塑性加工材构成。

铜合金、铜合金塑性加工材、电子电气设备用部件、端子、汇流条、引线框架

技术领域

[0001] 本发明涉及一种适于端子、汇流条、引线框架等电子电气设备用部件的铜合金、由该铜合金构成的铜合金塑性加工材、电子电气设备用部件、端子、汇流条、引线框架。

[0002] 本申请主张基于2021年10月12日在日本申请的日本专利申请2021-167385号的优先权,并将其内容援用于此。

背景技术

[0003] 以往,在端子、汇流条、引线框架等电子电气设备用部件中使用导电性高的铜或铜合金。

[0004] 近年来,电子设备、电气设备等有时在汽车的发动机舱等高温环境下使用,而且,存在负载大电流的倾向。

[0005] 在此,为了应对大电流,在上述电子电气设备用部件中适用导电率优异的无氧铜等纯铜材料。然而,纯铜材料存在如下问题:表示由热引起的弹簧的塑性变形情况的耐应力松弛特性差,无法在高温环境下稳定地使用。

[0006] 并且,端子尤其是母端子具有用于维持与公端子的连接的弹簧,但在高温环境下使用时,因蠕变现象而产生塑性变形,有可能使连接可靠性劣化。因此,要求弹簧具有表示塑性变形难度的耐应力松弛特性。

[0007] 然而,耐应力松弛特性与强度处于权衡关系,难以兼顾两者。

[0008] 因此,在专利文献1中公开了一种铜轧制板,其包含0.005质量%以上且小于0.1质量%的范围内的Mg。

[0009] 在专利文献1中记载的铜轧制板中,由于其具有如下组成:含有0.005质量%以上且小于0.1质量%的范围内的Mg且剩余部分由Cu及不可避免的杂质构成,因此通过使Mg固溶于铜的母相中,能够提高强度、耐应力松弛特性而不会大幅降低导电率。

[0010] 然而,近年来,随着上述电子电气用部件中使用的部件的小型化,要求所使用的铜材料在相同板厚下兼具高强度和高弯曲加工性。强度与弯曲加工性处于权衡关系,因此难以兼顾两者。

[0011] 并且,上述电子电气用部件在比以往更严酷的高温环境下使用,要求进一步提高强度及耐应力松弛特性。

[0012] 专利文献1:日本特开2016-056414号公报

发明内容

[0013] 本发明是鉴于上述情况而完成的,其目的在于提供一种具有高强度和优异的耐应力松弛特性并且弯曲加工性优异的铜合金、铜合金塑性加工材、电子电气设备用部件、端子、汇流条、引线框架。

[0014] 为了解决此课题,本发明人等进行深入研究的结果,得到了以下见解。

[0015] 利用作为添加元素的Mg形成柯氏气团,实现位错的稳定化,由此能够维持强度并且提高耐应力松弛特性。而且,通过位错的稳定配置,避免应力集中,拉伸率得以改善。

[0016] 而且,在通过Mg使位错稳定化的情况下,进行低速拉伸试验时,在应力-应变曲线的塑性区域内出现刃型曲线(锯齿状)。

[0017] 本发明是基于上述见解而完成的,本发明的一方式具有以下要件。

[0018] [1]一种铜合金,其特征在于,其具有如下组成:含有0.10质量%以上且2.6质量%以下的范围内的Mg且剩余部分为Cu及不可避免的杂质,

[0019] 在应变速度1.0×10^{-6}/s的低速拉伸试验中获得的应力-应变曲线的塑性变形区域内,刃型曲线的应变周期的平均值为0.01%以上且1.0%以下,刃型曲线的应力的高低差的平均值为0.1MPa以上且2MPa以下,且具有5个以上的应变周期为0.01%以上且1.0%以下且应力的高低差为0.1MPa以上且2MPa以下的刃型曲线。

[0020] 根据该结构的铜合金,含有上述范围的Mg,在应变速度1.0×10^{-6}/s的低速拉伸试验中获得的应力-应变曲线的塑性变形区域内,刃型曲线的应变周期的平均值为0.01%以上且1.0%以下,刃型曲线的应力的高低差的平均值为0.1MPa以上且2MPa以下,且具有5个以上的应变周期为0.01%以上且1.0%以下且应力的高低差为0.1MPa以上且2MPa以下的刃型曲线。因此,通过Mg使位错稳定化,从而能够维持强度并且提高耐应力松弛特性。并且,能够改善拉伸率并提高弯曲加工性。

[0021] [2]根据[1]所述的铜合金,其特征在于,通过EBSD(Electron Back Scatter Diffraction,电子背散射衍射)法,以测定间隔0.1μm步长测定1000μm^2以上的测定面积并排除利用数据分析软件OIM分析而得的CI(Confidence Interval,置信区间)值为0.1以下的测定点而进行分析时,由晶体粒径(包括孪晶)的长径a和短径b表示的纵横比b/a为0.95以下。

[0022] 此时,由于由晶体粒径(包括孪晶)的长径a和短径b表示的纵横比b/a被设定为0.95以下,因此通过加工充分导入位错,这些位错通过Mg被稳定化,由此能够维持强度并且进一步提高耐应力松弛特性,并且能够改善拉伸率且进一步提高弯曲加工性。

[0023] [3]根据[1]或[2]所述的铜合金,其特征在于,拉伸强度为350MPa以上。

[0024] 此时,由于拉伸强度被设定为350MPa以上,因此不容易变形,尤其适合作为连接器、压接器(Press-fit)等端子、继电器、引线框架、汇流条等电子电气设备用部件的铜合金。

[0025] [4]根据[1]至[3]中任一项所述的铜合金,其特征在于,将Mg的含量设定为A原子%时,导电率σ(%IACS)满足以下关系式。

[0026] $\sigma\leqslant1.7680/(-0.0200\times A^2+0.5769\times A+1.7)\times100$

[0027] 此时,由于如上规定导电率σ,因此所添加的Mg在铜母相中充分固溶,抑制包含Mg的析出物的生成。因此,能够进一步提高弯曲加工性。

[0028] [5]根据[1]至[4]中任一项所述的铜合金,其特征在于,还含有0.0005质量%以上且0.1质量%以下的范围内的P。

[0029] 此时,由于P的含量被设定为0.001质量%以上,因此能够提高铸造性。并且,由于P的含量被设定为0.1质量%以下,因此即使在添加了P的情况下,也能够抑制导电率大幅降低。

[0030] [6]根据[5]所述的铜合金,其特征在于,将Mg的含量设定为A原子%,将P的含量设定为B原子%,将Mg当量A_X设定为$A_X=(A-1.5\times B)$时,导电率σ(%IACS)满足以下关系式。

[0031] $\sigma\leq 1.7680/(-0.0200\times A_X^2+0.5769\times A_X+1.7)\times 100$

[0032] 在同时添加Mg与P时,母相内会生成Mg_3P_2,因此在评价Mg的固溶程度时,需要使用Mg当量$A_X=(A-1.5\times B)$来规定导电率,而不是Mg的含量。

[0033] 而且,由于使用Mg当量A_X如上规定导电率σ,因此所添加的Mg在铜母相中充分固溶,抑制包含Mg的析出物的生成。因此,能够进一步提高弯曲加工性。

[0034] [7]一种铜合金塑性加工材,其特征在于,其由[1]至[6]中任一项所述的铜合金构成。

[0035] 根据该结构的铜合金塑性加工材,由于由上述铜合金构成,因此强度、耐应力松弛特性、弯曲加工性优异,尤其适合作为在大电流用途、高温环境下使用的端子、汇流条、引线框架等电子电气设备用部件的原材料。

[0036] [8]根据[7]所述的铜合金塑性加工材,其特征在于,其为厚度在0.1mm以上且10mm以下的范围内的轧制板。

[0037] 此时,由于是厚度在0.1mm以上且10mm以下的范围内的轧制板,因此能够通过对该铜合金塑性加工材(轧制板)实施冲切加工、弯曲加工来成型端子、汇流条、引线框架等电子电气设备用部件。

[0038] [9]根据[7]或[8]所述的铜合金塑性加工材,其特征在于,在表面具有金属镀层。

[0039] 此时,由于在表面具有金属镀层,因此尤其适合作为端子、汇流条、引线框架等电子电气设备用部件的材料。

[0040] 另外,作为金属镀层,例如,可举出Sn镀层、Ag镀层、Ni镀层、Au镀层、Pd镀层、Rh镀层等。并且,在本发明的一方式中,“Sn镀层”包括纯Sn镀层或Sn合金镀层,“Ag镀层”包括纯Ag镀层或Ag合金镀层,“Ni镀层”包括纯Ni镀层或Ni合金镀层,“Au镀层”包括纯Au镀层或Au合金镀层,“Pd镀层”包括纯Pd镀层或Pd合金镀层,“Rh镀层”包括纯Rh镀层或Rh合金镀层。

[0041] [9a]根据[7]至[9]中任一项所述的铜合金塑性加工材,其特征在于,其为经轧制加工的轧制材料,在RD面上,通过EBSD法,以测定间隔0.1μm步长测定1000μm^2以上的测定面积并排除利用数据分析软件OIM分析而得的CI值为0.1以下的测定点而进行分析时,由晶体粒径(包括孪晶)的长径a和短径b表示的纵横比b/a为0.95以下。

[0042] 此时,由于由晶体粒径(包括孪晶)的长径a和短径b表示的纵横比b/a被设定为0.95以下,因此通过轧制加工充分导入位错,这些位错通过Mg被稳定化,由此能够维持强度并且进一步提高耐应力松弛特性,并且能够改善拉伸率且进一步提高弯曲加工性。

[0043] [10]一种电子电气设备用部件,其特征在于,其由[7]至[9]及[9a]中任一项所述的铜合金塑性加工材构成。另外,本发明的一方式中的电子电气设备用部件包括端子、汇流条、引线框架等。

[0044] 该结构的电子电气设备用部件由于使用上述铜合金塑性加工材制造,因此在高温环境下也能够发挥优异的特性。

[0045] [11]一种端子,其特征在于,其由[7]至[9]及[9a]中任一项所述的铜合金塑性加工材构成。

[0046] 该结构的端子由于使用上述铜合金塑性加工材制造,因此在高温环境下也能够发

挥优异的特性。

[0047] [12]一种汇流条,其特征在于,其由[7]至[9]及[9a]中任一项所述的铜合金塑性加工材构成。

[0048] 该结构的汇流条由于使用上述铜合金塑性加工材制造,因此在高温环境下也能够发挥优异的特性。

[0049] [13]一种引线框架,其特征在于,其由[7]至[9]及[9a]中任一项所述的铜合金塑性加工材构成。

[0050] 该结构的引线框架由于使用上述铜合金塑性加工材制造,因此在高温环境下也能够发挥优异的特性。

[0051] 根据本发明的一方式,能够提供一种具有高强度和优异的耐应力松弛特性并且弯曲加工性优异的铜合金、铜合金塑性加工材、电子电气设备用部件、端子、汇流条、引线框架。

附图说明

[0052] 图1A是本实施方式的铜合金在低速拉伸试验中获得的应力-应变曲线。

[0053] 图1B是图1A中的区域X的放大图。

[0054] 图2是本实施方式的铜合金的制造方法的流程图。

具体实施方式

[0055] 以下,对本发明的一实施方式的铜合金进行说明。

[0056] 本实施方式的铜合金具有如下组成:含有0.10质量%以上且2.6质量%以下的范围内的Mg且剩余部分为Cu及不可避免的杂质。

[0057] 另外,在本实施方式的铜合金中,还可以含有0.0005质量%以上且0.1质量%以下的范围内的P。

[0058] 而且,在本实施方式的铜合金中,在应变速度1.0×10^{-6}/s的低速拉伸试验中获得的应力-应变曲线的塑性变形区域内,刃型曲线(锯齿状)的应变周期的平均值为0.01%以上且1.0%以下,刃型曲线的应力的高低差的平均值为0.1MPa以上且2MPa以下。而且,在应力-应变曲线的塑性变形区域内,具有5个以上的应变周期为0.01%以上且1.0%以下并且应力的高低差为0.1MPa以上且2MPa以下的刃型曲线。

[0059] 将本实施方式的铜合金在应变速度1.0×10^{-6}/s的低速拉伸试验中获得的应力-应变曲线的一例示于图1A、图1B。如图1A、图1B所示,在塑性变形区域内,随着应变的增加,应力会周期性地上升下降,由此形成刃型曲线(锯齿状)。

[0060] 并且,在本实施方式的铜合金中,通过EBSD法,以测定间隔0.1μm步长测定1000μm^2以上的测定面积并排除利用数据分析软件OIM分析而得的CI值为0.1以下的测定点而进行分析时,优选由晶体粒径(包括孪晶)的长径a和短径b表示的纵横比b/a为0.95以下。

[0061] 而且,在本实施方式的铜合金中,优选拉伸强度为350MPa以上。

[0062] 并且,在本实施方式的铜合金中,将Mg的含量设定为A原子%时,导电率σ(%IACS)优选满足以下关系式。

[0063] $\sigma\leq1.7680/(-0.0200\times A^2+0.5769\times A+1.7)\times100$

[0064] 而且,在本实施方式的铜合金中,同时包含Mg与P的情况下,将Mg的含量设定为A原子%,将P的含量设定为B原子%,将Mg当量A_X设定为$A_X=(A-1.5\times B)$时,导电率σ(%IACS)优选满足以下关系式。

[0065] $\sigma\leqslant 1.7680/(-0.0200\times A_X^2+0.5769\times A_X+1.7)\times 100$

[0066] 在此,关于本实施方式的铜合金中如上规定成分组成、各种特性、晶体组织的理由,在以下进行说明。

[0067] (Mg)

[0068] Mg是具有如下作用效果的元素:通过固溶于铜的母相中,提高耐应力松弛特性而不会大幅降低导电率。并且,利用Mg形成柯氏气团,使位错稳定化,由此能够实现强度、耐应力松弛特性及拉伸率的提高。

[0069] 在此,Mg的含量小于0.10质量%时,有可能无法使其充分发挥其作用效果。另一方面,Mg的含量超过2.6质量%时,会导致由制造负荷增大带来的成本增加、成品率降低,因此不适合作为工业产品。

[0070] 根据以上内容,在本实施方式中,将Mg的含量设定在0.10质量%以上且2.6质量%以下的范围内。

[0071] 另外,为了进一步提高强度、耐应力松弛特性及拉伸率,Mg的含量的下限优选设定为0.12质量%以上,更优选设定为0.15质量%以上,进一步优选设定为0.17质量%以上。

[0072] 并且,为了进一步抑制制造成本的增加及成品率的降低,Mg的含量的上限优选设定为小于2.5质量%,更优选设定为小于2.4质量%,进一步优选设定为小于2.3质量%。

[0073] (P)

[0074] 在本实施方式的铜合金中,当含有0.0005质量%以上的P时,熔液流动性提高,铸造性提高。另一方面,通过将P的含量限制在0.1质量%以下,能够抑制导电率大幅降低。

[0075] 另外,在本实施方式的铜合金中,为了进一步提高铸造性,P的含量的下限更优选设定为0.0006质量%以上,进一步优选设定为0.0007质量%以上。并且,为了进一步抑制导电率降低,P的含量的上限更优选设定为0.095质量%以下,进一步优选设定为0.092质量%以下。

[0076] 另外,在本实施方式的铜合金中,含有P作为杂质时,可以含有小于0.0005质量%的P。

[0077] (其他不可避免的杂质)

[0078] 作为上述元素以外的其他不可避免的杂质,可举出Ag、Al、B、Ba、Be、Ca、Cd、Cr、Sc、稀土元素、V、Nb、Ta、Mo、Ni、W、Mn、Re、Ru、Sr、Ti、Os、Co、Rh、Ir、Pb、Pd、Pt、Au、Zn、Zr、Hf、Hg、Ga、In、Ge、Y、Tl、N、Si、Sn、Li、S、Se、Te、SbBi、As等。这些不可避免的杂质可以在不影响特性的范围内含有。

[0079] 在此,这些不可避免的杂质有可能会降低导电率,因此总量优选设定为0.1质量%以下,更优选设定为0.05质量%以下,进一步优选设定为0.03质量%以下,进一步优选设定为0.01质量%以下。

[0080] 并且,这些不可避免的杂质的各自的含量的上限优选设定为10质量ppm以下,更优选设定为5质量ppm以下,进一步优选设定为2质量ppm以下。

[0081] (低速拉伸试验中获得的应力-应变曲线)

[0082] 在本实施方式的铜合金中,如上所述,利用Mg形成柯氏气团,实现位错的稳定化,由此维持强度并且提高耐应力松弛特性。

[0083] 在此,在进行应变速度1.0×10^{-6}/s的低速拉伸试验时,当另一位错越过由Mg稳定化的位错时,产生应力变化,在应力-应变曲线中出现刃型曲线(锯齿状)。

[0084] 另外,在本实施方式中,在上述低速拉伸试验中获得的应力-应变曲线上,将应力为0.2%屈服强度$\sigma_{0.2}$以上的区域作为塑性变形区域。在该塑性变形区域内,满足以下的要件(1)、(2)时,判断为存在本实施方式中规定的刃型曲线(锯齿状)。由此,能够与试验设备中产生的噪声、外部因素导致的突发性变动进行区分。

[0085] (1)刃型曲线的应变周期的平均值为0.01%以上且1.0%以下,刃型曲线的应力的高低差的平均值为0.1MPa以上且2MPa以下。

[0086] (2)具有5个以上的应变周期为0.01%以上且1.0%以下并且应力的高低差为0.1MPa以上且2MPa以下的刃型曲线。

[0087] 在应力-应变曲线上,在周期性的应力变动中,从一个应力的极小点(A)到与该应力的极小点(A)相邻的另一应力的极小点(B)为止的曲线为一个刃型曲线(但不包含极小点(B))。一个刃型曲线上存在一个应力的极小点(谷部)和一个应力的极大点(峰部)。应变周期是两个相邻应力的极小点(谷部)的应变的差。应力的高低差是一个刃型曲线上的应力的极大点(峰部)与极小点(谷部)的应力的差。

[0088] 应变周期的平均值是塑性变形区域内的所有刃型曲线的应变周期的平均值,应力的高低差的平均值是塑性变形区域内的所有刃型曲线的应力的高低差的平均值。

[0089] 应变周期的平均值优选为0.95%以下,更优选为0.90%以下。并且,应变周期的平均值优选为0.02%以上,更优选为0.03%以上。应力的高低差的平均值优选为1.90MPa以下,更优选为1.80MPa以下。并且,应力的高低差的平均值优选为0.10MPa以上。

[0090] (纵横比b/a)

[0091] 在本实施方式的铜合金中,如上所述,通过Mg实现位错的稳定化,能够实现强度、耐应力松弛特性及拉伸率的提高,因此优选具有充分的位错。

[0092] 在此,形成由晶粒(包括孪晶)的长径a和短径b表示的纵横比b/a成为0.95以下的晶粒时,通过存在充分的位错,能够实现强度、耐应力松弛特性及拉伸率的进一步提高。当纵横比b/a大于0.95时,不具有充分的位错,无法获得基于Mg的位错稳定化。

[0093] 另外,在本实施方式中,由晶粒(包括孪晶)的长径a和短径b表示的纵横比b/a更优选为0.93以下,进一步优选为0.90以下。并且,纵横比b/a优选为0.005以上,更优选为0.01以上。

[0094] 在此,在本实施方式的铜合金中,通过EBSD法,以测定间隔0.1μm步长测定1000μm^2以上的测定面积并排除利用数据分析软件OIM分析而得的CI值为0.1以下的测定点而进行分析,将由晶体粒径(包括孪晶)的长径a和短径b表示的纵横比b/a设定为0.95以下。

[0095] (拉伸强度)

[0096] 在本实施方式的铜合金中,当拉伸强度为350MPa以上时,强度得以充分确保,尤其适合作为端子、汇流条、引线框架等电子电气设备用部件的原材料。另外,将本实施方式中的拉伸强度设定为与轧制方向平行的方向上的拉伸强度。

[0097] 在此,在本实施方式中,上述拉伸强度更优选为360MPa以上,进一步优选为370MPa

以上。并且,在本实施方式中,拉伸强度(与轧制方向平行的方向上的拉伸强度)的上限并不受限,但为了避免使用卷成线圈的条材时线圈的卷曲惯性所导致的生产率降低,优选将拉伸强度设定为2000MPa以下。更优选设定为1700MPa以下,进一步优选设定为1500MPa以下。

[0098] (导电率)

[0099] 在本实施方式的铜合金中,当Mg充分固溶时,能够抑制产生Mg的析出物,并能够进一步提高弯曲加工性。

[0100] 在此,将Mg的含量设定为A原子%时,导电率σ(%IACS)满足以下关系式,由此Mg在铜母相中充分固溶,能够进一步提高弯曲加工性。

[0101] $\sigma \leq 1.7680/(-0.0200\times A^2+0.5769\times A+1.7)\times 100$

[0102] 而且,在本实施方式的铜合金中,当同时包含Mg和P时,在母相内生成Mg_3P_2,因此评价Mg的固溶程度时,需要使用Mg当量A_X=(A—1.5×B)来规定导电率,而不是使用Mg的含量来规定导电率。

[0103] 因此,将Mg的含量设定为A原子%,将P的含量设定为B原子%,将Mg当量A_X设定为A_X=(A—1.5×B)时,导电率σ(%IACS)满足以下关系式,由此Mg在铜母相中充分固溶,能够进一步提高弯曲加工性。

[0104] $\sigma \leq 1.7680/(-0.0200\times A_X^2+0.5769\times A_X+1.7)\times 100$

[0105] 接着,参考图2所示的流程图,对这种结构的本实施方式的铜合金的制造方法进行说明。

[0106] (熔炼/铸造工序S01)

[0107] 首先,在熔炼铜原料来获得的铜熔液中,添加前述元素进行成分调整,制成铜合金熔液。另外,对于各种元素的添加,能够使用元素单质、母合金等。并且,可以将包含上述元素的原料与铜原料一同进行熔炼。并且,也可以使用本合金的回收材料及废料。在此,铜熔液优选纯度为99.99质量%以上的所谓的4NCu,或者是纯度为99.999质量%以上的所谓的5NCu。

[0108] 在熔炼工序中,为了抑制Mg的氧化,并且为了降低氢浓度,优选在H_2O的蒸气压低的惰性气体气氛(例如Ar气体)下进行气氛熔炼,并将熔炼时的保持时间限制在最小限度。

[0109] 而且,将经成分调整的铜合金熔液注入铸模中制造铸锭。另外,在考虑到量产的情况下,优选使用连续铸造法或半连续铸造法。

[0110] 此时,当熔液凝固时,形成包含Mg和P的晶化物,因此通过加快凝固速度,能够使晶化物尺寸更加微细。因此,熔液的冷却速度优选设定为0.1℃/秒以上,更优选设定为0.5℃/秒以上,最优选设定为1℃/秒以上。

[0111] (均质化/固溶化工序S02)

[0112] 接着,进行加热处理以使所获得的铸锭均质化及固溶化。在铸锭的内部有时会存在通过凝固过程中Mg偏析并浓缩而产生的以Cu和Mg为主成分的金属间化合物等。因此,为了使这些偏析及金属间化合物等消失或者减少,进行将铸锭加热至300℃以上且900℃以下的加热处理,由此在铸锭内,使Mg均质地扩散或使Mg固溶于母相中。另外,优选在非氧化性气氛或还原性气氛中实施该均质化/固溶化工序S02。

[0113] 在此,加热温度小于300℃时,不会完全固溶化,在母相中可能会残留很多以Cu和Mg为主成分的金属间化合物。另一方面,若加热温度超过900℃,则铜材的一部分会变成液

相,组织、表面状态有可能变得不均匀。因此,将加热温度设定在300℃以上且900℃以下的范围内。

[0114] 另外,为了后述粗轧制的效率化与组织的均匀化,也可以在上述均质化/固溶化工序S02之后实施热加工。此时,加工方法并没有特别限定,例如能够采用轧制、拉丝、挤出、槽轧制、锻造、冲压等。并且,热加工温度优选设定在300℃以上且900℃以下的范围内。

[0115] (粗加工工序S03)

[0116] 进行粗加工以加工成规定的形状。另外,该粗加工工序S03中的温度条件并没有特别限定,为了抑制再结晶,或者为了提高尺寸精度,优选设定在进行冷轧或热轧的-200℃至200℃的范围内,尤其优选常温。关于加工率,优选为20%以上,进一步优选为30%以上。并且,加工方法并没有特别限定,例如能够采用轧制、拉丝、挤出、槽轧制、锻造、冲压等。

[0117] (中间热处理工序S04)

[0118] 在粗加工工序S03之后,以用于彻底固溶化、再结晶组织化或加工性的提高的软化为目的,实施热处理。热处理方法并没有特别限定,优选在400℃以上且900℃以下的保持温度、10秒以上且10小时以下的保持时间、非氧化气氛或还原气氛中进行热处理。并且,加热后的冷却方法并没有特别限定,优选采用水淬等冷却速度为200℃/分钟的方法。

[0119] 另外,可以反复实施粗加工工序S03及中间热处理工序S04。

[0120] (精加工前加工工序(WORKING BEFORE FINISHING STEP)S05)

[0121] 进行精加工前加工以将中间热处理工序S04之后的铜材加工成规定的形状。另外,该精加工前加工工序S05中的温度条件并没有特别限定,为了抑制加工时的再结晶,或者为了抑制软化,优选设定在进行冷加工或热加工的-200℃至200℃的范围内,尤其优选为常温。并且,可适当选择加工率以接近最终形状,但为了通过加工固化来提高强度,优选设定为5%以上。

[0122] 并且,加工方法并没有特别限定,例如能够采用轧制、拉拔、挤出、槽轧制、锻造、冲压等。

[0123] (精加工前热处理工序(HEAT TREATMENT BEFORE FINISHING STEP)S06)

[0124] 以基于Mg的位错固定及位错重排实现的稳定化为目的,对通过精加工前加工工序S05获得的塑性加工材实施精加工前热处理。热处理温度优选在100℃以上且800℃以下的范围内。另外,需要设定热处理条件(温度、时间、冷却速度),以避免由再结晶引起强度的大幅降低。例如,优选在300℃保持1秒以上且120秒以下。该热处理优选在非氧化气氛或还原气氛中进行。

[0125] 热处理方法并没有特别限定,从减少制造成本的效果考虑,优选为基于连续退火炉的短时间热处理。而且,可以反复实施上述精加工前加工工序S05及精加工前热处理工序S06。

[0126] (轻加工工序S07)

[0127] 为了进一步基于Mg的位错固定和稳定化而实现的锯齿状的显现,对实施了精加工前热处理工序S06的塑性加工材以轻加工率实施塑性加工。另外,该轻加工工序S07中的温度条件并没有特别限定,为了抑制再结晶,或者为了提高尺寸精度,优选设定在进行冷轧或热轧的-200℃至200℃的范围内,尤其优选常温。

[0128] 并且,在轻加工工序S07中,高加工率会导致耐应力松弛特性降低,因此,优选将总

加工率设定在5％以上且50％以下的范围内,并将每道次的加工率限制在20％以下。而且,轻加工率难以使变形均匀并成为板形状恶化的原因,因此,优选在长度方向上施加50MPa以上的张力的同时实施轧制。

[0129] (最终热处理工序S08)

[0130] 最后,以进一步基于Mg的位错固定及位错重排实现的稳定化为目的,对通过轻加工工序S07获得的塑性加工材实施最终热处理。热处理温度优选设定在100℃以上且800℃以下的范围内。另外,需要设定热处理条件(温度、时间、冷却速度),以避免由再结晶引起强度大幅降低。例如,优选在300℃保持1秒以上且120秒以下。该热处理优选在非氧化气氛或还原气氛中进行。

[0131] 热处理方法并没有特别限定,从减少制造成本的效果考虑,优选为基于连续退火炉的短时间的热处理。而且,可以反复实施上述轻加工工序S07及最终热处理工序S08。

[0132] 如此,可制造出本实施方式的铜合金(铜合金塑性加工材)。另外,将通过轧制制造的铜合金塑性加工材称为铜合金轧制板。

[0133] 在此,将铜合金塑性加工材的板厚设定为0.1mm以上时,适合用作大电流用途的导体。并且,通过将铜合金塑性加工材的板厚设定为10.0mm以下,能够抑制冲压机的荷载增大,确保每单位时间的生产率,并能够抑制制造成本。

[0134] 因此,铜合金塑性加工材(铜合金轧制材)的板厚优选设定在0.1mm以上且10.0mm以下的范围内。

[0135] 另外,铜合金塑性加工材(铜合金轧制材)的板厚的下限优选设定为0.5mm以上,更优选设定为1.0mm以上。另一方面,铜合金塑性加工材(铜合金轧制材)的板厚的上限优选设定为小于9.0mm,更优选设定为小于8.0mm。

[0136] 并且,可以在本实施方式的铜合金塑性加工材(铜合金轧制材)的表面形成金属镀层(例如,Sn镀层、Ag镀层、Ni镀层、Au镀层、Pd镀层、Rh镀层等)。

[0137] 而且,在本实施方式的铜合金(铜合金塑性加工材)为经轧制加工的轧制材(铜合金轧制板)时,在RD面上,通过EBSD法,以测定间隔0.1μm步长测定1000μm^{2}以上的测定面积并排除利用数据分析软件OIM分析而得的CI值为0.1以下的测定点而进行分析时,优选由晶体粒径(包括孪晶)的长径a和短径b表示的纵横比b/a为0.95以下。

[0138] 由晶体粒径(包括孪晶)的长径a和短径b表示的纵横比b/a为0.95以下时,通过轧制加工充分导入位错,并通过Mg使该位错稳定化,由此能够实现强度、耐应力松弛特性及拉伸率的进一步提高。

[0139] 另外,在本实施方式中,上述纵横比b/a更优选为0.93以下,进一步优选为0.90以下。

[0140] 在具有如上结构的本实施方式的铜合金中,含有0.10质量％以上且2.6质量％以下的范围内的Mg。在应变速度1.0×10^{-6}/s的低速拉伸试验中获得的应力-应变曲线的塑性变形区域内,刃型曲线的应变周期的平均值为0.01％以上且1.0％以下,刃型曲线的应力的高低差的平均值为0.1MPa以上且2MPa以下。而且,在应力-应变曲线的塑性变形区域内,具有5个以上的应变周期为0.01％以上且1.0％以下并且应力的高低差为0.1MPa以上且2MPa以下的刃型曲线。因此,通过Mg使位错稳定化,从而能够维持强度并且提高耐应力松弛特性。并且,能够改善拉伸率并提高弯曲加工性。

[0141] 并且,在本实施方式的铜合金中,通过EBSD法,以测定间隔0.1μm步长测定1000μm^{2}以上的测定面积并排除利用数据分析软件OIM分析而得的CI值为0.1以下的测定点而进行分析时,由晶体粒径(包括孪晶)的长径a和短径b表示的纵横比b/a被设定为0.95以下时,通过加工充分导入位错,通过Mg使这些位错稳定化,由此能够维持强度并且进一步提高耐应力松弛特性,并且能够改善拉伸率且进一步提高弯曲加工性。

[0142] 而且,在本实施方式的铜合金中,当拉伸强度为350MPa以上时,拉伸强度充分高,不容易变形,尤其适合作为连接器、压接器等端子、继电器、引线框架、汇流条等电子电气设备用部件的铜合金。

[0143] 并且,在本实施方式的铜合金中,将Mg的含量设定为A原子%时,导电率σ(%IACS)满足以下关系式的情况下,所添加的Mg在铜母相中充分固溶,抑制包含Mg的析出物的生成。因此,能够进一步提高弯曲加工性。

[0144] $\sigma \leqslant 1.7680/(-0.0200\times A^2+0.5769\times A+1.7)\times 100$

[0145] 而且,在本实施方式的铜合金中,当还含有0.0005质量%以上且0.1质量%以下的范围内的P时,能够提高铸造性,并且即使在添加了P的情况下,也能够抑制导电率大幅降低。

[0146] 并且,在本实施方式的铜合金中,当将Mg的含量设定为A原子%,将P的含量设定为B原子%,将Mg当量A_X设定为$A_X=(A-1.5\times B)$时,导电率σ(%IACS)满足以下关系式时,即使由于同时添加Mg与P而在母相内生成Mg_3P_2,所添加的Mg在铜母相中也会充分固溶,抑制包含Mg的析出物的生成。因此,能够进一步提高弯曲加工性。

[0147] $\sigma \leqslant 1.7680/(-0.0200\times A_X^2+0.5769\times A_X+1.7)\times 100$

[0148] 本实施方式的铜合金塑性加工材由上述铜合金构成,因此导电性、耐应力松弛特性、弯曲加工性优异,尤其适合作为端子、汇流条、引线框架等电子电气设备用部件的原材料。

[0149] 并且,将本实施方式的铜合金塑性加工材制成厚度在0.1mm以上且10mm以下的范围内的轧制板时,通过对铜合金塑性加工材(轧制板)实施冲切加工、弯曲加工,能够相对容易地成型端子、汇流条、引线框架等电子电气设备用部件。

[0150] 另外,在本实施方式的铜合金塑性加工材的表面形成有金属镀层(例如,Sn镀敷、Ag镀敷、Ni镀敷、Au镀敷、Pd镀敷、Rh镀敷等)时,尤其适合作为端子、汇流条等电子电气设备用部件的材料。

[0151] 而且,由于本实施方式的电子电气设备用部件(端子、汇流条、引线框架等)由上述铜合金塑性加工材及铜合金构成,因此在高温环境下也能够发挥优异的特性。

[0152] 以上,对本发明的实施方式的铜合金、铜合金塑性加工材、电子电气设备用部件(端子、汇流条、引线框架等)进行了说明,但本发明并不限定于此,能够在不脱离本发明的技术要件的范围内适当进行变更。

[0153] 例如,在上述实施方式中,对铜合金(铜合金塑性加工材)的制造方法的一例进行了说明,但铜合金的制造方法并不限定于实施方式中记载的方法,也可以适当地选择现有的制造方法来制造。

[0154] 实施例

[0155] 以下,对为了确认本发明的效果而进行的确认实验的结果进行说明。

[0156] 准备由纯度99.99质量%以上的无氧铜(ASTM B152 C10100)构成的铜原料,将其装入高纯度石墨坩埚内,在设定为Ar气体气氛的气氛炉内进行了高频熔炼。在所获得的铜熔液中添加各种添加元素来制备成表1所示的成分组成,并注入到碳铸模来制造了铸锭。另外,将铸锭的大小设定为厚度10mm～30mm×宽度约20mm×长度约100mm～120mm。

[0157] 在Ar气体气氛中,在715℃的温度条件下,对所获得的铸锭实施加热4小时的加热工序,之后,实施了水淬。

[0158] 切割热处理后的铸锭,并且实施了表面磨削以去除氧化皮膜。之后,适当调整粗加工前的厚度以达到所设定的最终厚度并进行了切割。接着,在表2、表3中记载的加工率和温度条件下实施粗加工、中间热处理、精加工前冷轧、精加工前热处理,之后,同样在表2、表3中记载的条件下实施轻加工(轻轧制)、最终热处理,以表2、表3所示的板厚制作了宽度约20mm的特性评价用条材。

[0159] 对所获得的特性评价用条材实施了以下项目的评价。

[0160] (组成分析)

[0161] 从所获得的铸锭中提取测定试样,Mg量通过电感耦合等离子体光谱分析法测定,其他元素的量利用辉光放电质谱分析装置(GD-MS)进行了测定。

[0162] 另外,测定是从试样中央部和宽度方向端部的两处提取试样来进行的,并将含量多的一方作为该样品的含量。其结果,确认出为表1所示的成分组成。表1的项目“Mg当量”为Mg当量A_X,是将Mg的含量设定为A原子%且将P的含量设定为B原子%时用$A_X=(A-1.5\times B)$计算出的值。

[0163] (低速拉伸试验)

[0164] 从特性评价用条材提取JIS Z 2201中规定的13B号试验片,实施了应变速度1.0×10^{-6}/s的低速拉伸试验。通过该低速拉伸试验,测定了拉伸强度及拉伸率。

[0165] 另外,试验片以拉伸试验的拉伸方向与特性评价用条材的轧制方向平行的方式提取。

[0166] 而且,分析低速拉伸试验中获得的荷载-拉伸曲线,确认了有无刃型曲线(锯齿状)。

[0167] 在所获得的数据中,确认了在通过JIS Z 2241的偏移(offset)法测定的0.2%屈服强度$\sigma_{0.2}$以后的曲线(塑性变形区域)中有无刃型曲线(周期性应力的变动)。在表4、表5的项目“有无”中,只要存在刃型曲线,则即使应变周期、应力的高低差在实施方式所记载的范围外,也记载为“有”。

[0168] 而且,若确认到这些刃型曲线,则将塑性变形区域内的刃型曲线的应变周期的平均值、刃型曲线的应力的高低差的平均值及刃型曲线的数量记载于表4、表5。

[0169] 另外,测定塑性变形区域内的各刃型曲线的应变周期,将它们的合计除以刃型曲线的数量来计算平均值,并将该平均值作为刃型曲线的应变周期的平均值。同样地,测定塑性变形区域内的各刃型曲线的应力的高低差,将它们的合计除以刃型曲线的数量来计算平均值,并将该平均值作为刃型曲线的应力的高低差的平均值。

[0170] 并且,刃型曲线的数量为在塑性变形区域内应变周期为0.01%以上且1.0%以下并且应力的高低差为0.1MPa以上且2MPa以下的刃型曲线的数量。

[0171] (纵横比)

[0172] 对与特性评价用条材的轧制方向垂直的面,即RD(roll direction:轧制方向)面,使用耐水研磨纸、金刚石磨粒进行机械研磨之后,使用胶态二氧化硅溶液进行了精研磨。而且,通过EBSD测定装置(FEI公司制Quanta FEG 450,EDAX/TSL公司制(现AMETEK公司)OIM Data Collection)、分析软件(EDAX/TSL公司制(现AMETEK公司)OIM Data Analysis ver.5.3),以电子束的加速电压20kV、测定间隔0.1μm步长,在1000μm^{2}以上的测定面积内,排除CI值为0.1以下的测定点而进行各晶粒(包括孪晶)的取向差的分析。将相邻的测定点之间的取向差成为15°以上的测定点之间作为晶界,测定了将各晶粒的晶体粒径的长径设定为a、将短径设定为b时由b/a表示的纵横比。并且,在纵横比的测定中,作为EBSD上的晶粒尺寸(Grain Size),将晶粒公差角(Grain Tolerance Angle)设定为5°、将最小晶粒尺寸(Minimum Grain Size)设定为2像素。然后,计算晶粒的纵横比的平均值,并将该平均值作为试样的纵横比。

[0173] (导电率)

[0174] 从特性评价用条材提取宽度10mm×长度60mm的试验片,通过四端法求出了电阻。并且,使用千分尺测定试验片的尺寸,计算出试验片的体积。而且,根据所测定的电阻值和体积计算出导电率。另外,试验片以其长度方向与特性评价用条材的轧制方向平行的方式提取。

[0175] (耐应力松弛特性)

[0176] 在耐应力松弛特性试验中,通过遵照日本伸铜协会(Japan Copper and Brass Association)技术标准JCBA-T309:2004的悬臂梁螺纹式的方法施加应力,测定了在150℃的温度下保持1000小时后的残余应力率。

[0177] 作为试验方法,在与轧制方向平行的方向上,从各特性评价用条材提取试验片(宽度10mm),将初始绕曲位移设定为2mm,并调整跨距长度,以使试验片的表面最大应力成为屈服强度的80%。上述表面最大应力由下式确定。

[0178] 表面最大应力(MPa)=$1.5Et\delta_0/L_s^2$

[0179] 其中,E、t、δ_0、L_s表示以下的值。

[0180] E:杨氏模量(MPa)

[0181] t:试样的厚度(mm)

[0182] δ_0:初始绕曲位移(mm)

[0183] L_s:跨距长度(mm)

[0184] 根据在150℃的温度保持1000小时后的弯曲惯性测量残余应力率,评价了耐应力松弛特性。另外,残余应力率使用下式来计算。

[0185] 残余应力率(%)=$(1-\delta_t/\delta_0)\times100$

[0186] 其中,δ_t、δ_0表示以下的值。

[0187] δ_t:(在150℃保持1000小时后的永久绕曲位移(mm))-(在常温下保持24小时后的永久绕曲位移(mm))

[0188] δ_0:初始绕曲位移(mm)

[0189] (弯曲加工性)

[0190] 遵照日本伸铜协会技术标准JBMA-T307:2007的4试验方法进行了弯曲加工。以轧制方向与试验片的长度方向平行的方式,从特性评价用条材提取多个宽度10mm×长度30mm

的试验片,使用弯曲角度90度、弯曲半径0.5mm的W型夹具,进行了W弯曲试验。

[0191] 而且,目视确认弯曲部的外周部,发生断裂时判定为“×”(差:poor),仅一部分发生断裂时判定为“△”(一般:fair)。未发生断裂而仅产生了微细裂痕时判定为“○”(良好:good),未确认到断裂、裂痕时判定为“◎”(优异:excellent)。

[0192] [表1]

[0193]

		成分组成(质量比)			成分组成(原子比)		
		Mg %	P %	Cu	Mg %	P %	Mg 当量 %
本发明例	1	0.11	0.0007	剩余部分	0.29	0.002	0.28
	2	1.60	0.0040	剩余部分	4.08	0.010	4.06
	3	1.20	0.0030	剩余部分	3.08	0.008	3.07
	4	0.27	0.0015	剩余部分	0.70	0.004	0.70
	5	2.30	0.0010	剩余部分	5.80	0.003	5.79
	6	0.70	0.0100	剩余部分	1.81	0.010	1.77
	7	1.54	0.0007	剩余部分	3.93	0.002	3.93
	8	0.50	0.0005	剩余部分	1.30	0.001	1.29
	9	0.75	0.0005	剩余部分	1.94	0.001	1.94
	10	0.40	0.0300	剩余部分	1.04	0.078	0.92
	11	1.00	0.0800	剩余部分	2.57	0.206	2.26
	12	2.10	0.0900	剩余部分	5.31	0.227	4.96
	13	2.57	0.0600	剩余部分	6.45	0.151	6.22
	14	1.50	0.0080	剩余部分	3.83	0.020	3.80
	15	1.90	0.0200	剩余部分	4.82	0.051	4.74
	16	1.63	0.0000	剩余部分	4.15	0.000	4.15
比较例	1	3.00	0.0008	剩余部分	7.48	0.002	7.48
	2	0.60	0.2000	剩余部分	1.55	0.517	0.78
	3	0.30	0.0100	剩余部分	0.78	0.026	0.74
	4	0.60	0.0800	剩余部分	1.55	0.207	1.24
	5	2.10	0.0010	剩余部分	5.31	0.003	5.31
	6	0.06	0.0100	剩余部分	0.16	0.026	0.12
	7	0.40	0.0300	剩余部分	1.04	0.078	0.92

[0194] [表2]

[0195]

		制造工序											厚度mm
		均质化/固溶化	粗加工	中间热处理		精加工前加工	精加工前热处理		轻加工工序		最终热处理		
		温度℃	轧制率%	温度℃	时间秒	轧制率%	温度℃	时间秒	总轧制率%	每道次的最大轧制率%	温度℃	时间秒	
本发明例	1	715	60	600	30	60	350	30	20	9	300	30	3.0
	2	715	30	650	60	99	350	15	15	4	300	30	0.1
	3	715	80	550	60	10	250	40	5	2	380	5	3.5
	4	715	90	600	60	50	350	5	20	9	320	40	1.0
	5	715	40	650	40	95	250	60	50	19	280	30	0.3
	6	715	90	625	180	40	280	30	20	8	280	40	1.0
	7	715	95	625	60	80	300	45	10	10	250	30	0.2
	8	715	90	575	180	70	250	60	20	17	370	5	0.5
	9	715	90	625	60	65	300	20	35	14	300	30	0.6
	10	715	94	675	60	40	320	30	30	7	400	5	0.5
	11	715	95	650	40	60	250	30	50	13	350	20	0.2
	12	715	65	600	240	80	250	20	40	8	350	15	0.8
	13	715	90	700	120	85	220	50	30	15	300	20	0.2
	14	715	20	550	120	35	300	40	10	2	220	20	9.8
	15	715	80	700	30	95	350	20	40	18	350	20	0.1
	16	715	90	650	40	75	250	30	20	20	300	40	0.4

[0196] [表3]

[0197]

		制造工序											厚度mm
		均质化/固溶化	粗加工	中间热处理		精加工前加工	精加工前热处理		轻加工工序		最终热处理		
		温度℃	轧制率%	温度℃	时间秒	轧制率%	温度℃	时间秒	总轧制率%	每道次的最大轧制率%	温度℃	时间秒	
比较例	1	715	95	715	90	70	280	30	35	35	360	45	0.2
	2	715	80	350	180	50	250	20	10	10	270	5	1.8
	3	715	60	600	60	30	300	15	40	9	250	10	2.0
	4	715	70	400	200	50	350	10	20	14	250	5	2.0
	5	715	80	650	30	3	350	60	3	12	350	60	4.0
	6	715	70	500	90	50	360	30	20	8	360	30	2.4
	7	715	94	675	60	40	320	30	50	30	400	5	0.4

[0198] [表4]

[0199]

		评价									
		刃型曲线				纵横比	导电率 IACS%	强度 MPa	拉伸率 %	残余应力率 %	弯曲加工性
		有无	周期的平均值 %	高低差的平均值 MPa	数量						
本发明例	1	有	0.70	0.30	13	0.30	92	400	7	64	○
	2	有	0.03	1.00	34	0.01	41	840	4	70	○
	3	有	0.20	1.20	46	0.85	48	380	10	63	○
	4	有	0.30	0.40	20	0.40	81	450	10	80	○
	5	有	0.03	1.90	51	0.03	33	800	3	74	○
	6	有	0.30	0.30	25	0.50	62	450	9	86	○
	7	有	0.06	1.40	66	0.20	42	650	9	82	○
	8	有	0.20	0.90	28	0.30	69	680	7	77	○
	9	有	0.08	0.60	55	0.20	59	700	8	87	○
	10	有	0.40	0.10	10	0.40	76	600	10	84	○
	11	有	0.90	0.60	6	0.20	56	630	6	79	○
	12	有	0.10	1.50	30	0.15	37	700	4	74	○
	13	有	0.04	1.60	28	0.10	31	820	3	80	○
	14	有	0.80	0.30	11	0.60	43	410	7	71	○
	15	有	0.04	1.80	40	0.03	37	920	3	71	○
	16	有	0.05	1.50	57	0.20	40	680	7	81	○

[0200] [表5]

[0201]

		评价									
		刃型曲线				纵横比	导电率 IACS%	强度 MPa	拉伸率 %	残余应力率 %	弯曲加工性
		有无	周期的平均值 %	高低差的平均值 MPa	数量						
比较例	1	有	0.10	2.10	52	0.20	32	640	7	83	×
	2	无	-	-	0	0.50	79	600	5	68	×
	3	有	1.20	0.70	10	0.30	80	580	2	52	○
	4	有	0.90	0.04	9	0.40	70	640	3	74	×
	5	无	-	-	0	0.95	35	330	12	88	○
	6	无	-	-	0	0.40	96	320	8	58	×
	7	有	0.70	0.07	3	0.30	75	650	8	57	○

[0202] 在比较例1中,Mg的含量超过本实施方式的范围,导电率低至32%IACS。并且,在应变速度1.0×10^{-6}/s的低速拉伸试验中获得的应力-应变曲线的塑性变形区域内,刃型曲线的应力的高低差的平均值高于实施方式的范围,弯曲加工性差。

[0203] 在比较例2中,在应变速度1.0×10^{-6}/s的低速拉伸试验中获得的应力-应变曲线的塑性变形区域内,未确认到本实施方式中规定的刃型曲线(锯齿状),弯曲加工性差。

[0204] 在比较例3中,在应变速度1.0×10^{-6}/s的低速拉伸试验中获得的应力-应变曲线的

塑性变形区域内,刃型曲线的应变周期的平均值变得高于实施方式的范围,拉伸率低至2%,残余应力率低至52%。

[0205] 在比较例4中,在应变速度1.0×10^{-6}/s的低速拉伸试验中获得的应力-应变曲线的塑性变形区域内,刃型曲线的应力的高低差的平均值小于实施方式的范围,弯曲加工性差。

[0206] 在比较例5中,在应变速度1.0×10^{-6}/s的低速拉伸试验中获得的应力-应变曲线的塑性变形区域内,未确认到本实施方式中规定的刃型曲线(锯齿状),拉伸强度低至330MPa。

[0207] 在比较例6中,Mg的含量小于本实施方式的范围,残余应力率为58%,耐应力松弛特性差。并且,在应变速度1.0×10^{-6}/s的低速拉伸试验中获得的应力-应变曲线的塑性变形区域内,未确认到本实施方式中规定的刃型曲线(锯齿状),拉伸强度低至320MPa。

[0208] 在比较例7中,在应变速度1.0×10^{-6}/s的低速拉伸试验中获得的应力-应变曲线的塑性变形区域内,应变周期为0.01%以上且1.0%以下并且应力的高低差为0.1MPa以上且2MPa以下的刃型曲线(锯齿状)的数量为3个,小于5个。并且,刃型曲线的应力的高低差的平均值小于实施方式的范围。因此,残余应力率低至57%。

[0209] 相对于此,在本发明例1~16中确认到拉伸强度和耐应力松弛特性均衡地良好地提高。并且,弯曲加工性也充分优异。

[0210] 由以上情况确认到,根据本发明例,能够提供具有高强度和优异的耐应力松弛特性,并且弯曲加工性优异的铜合金。

[0211] 产业上的可利用性

[0212] 本实施方式的铜合金(铜合金塑性加工材)适合用于端子、汇流条、引线框架等电子电气设备用部件。

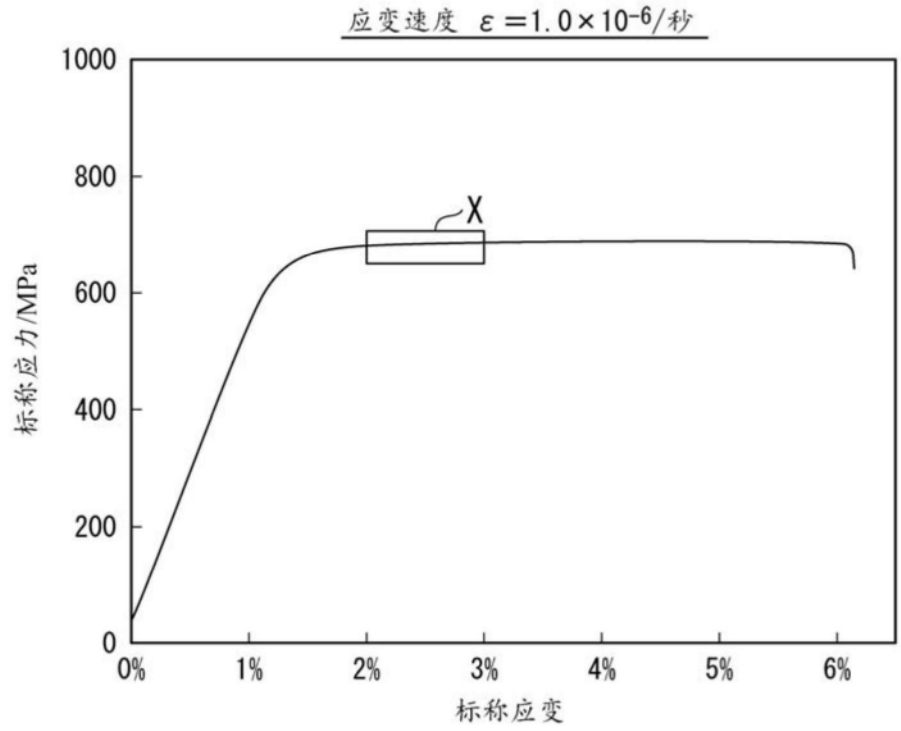

应变速度 ε=1.0×10-6/秒
1000
800
600
400
200
0
标称应力/MPa
X
0%
1%
2%
3%
4%
5%
6%
标称应变

图1A

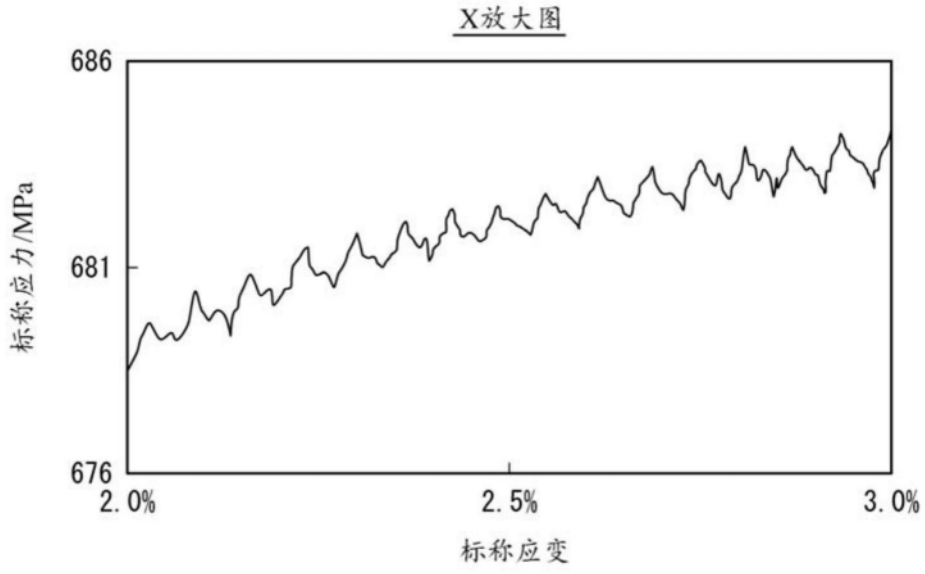

X放大图
686
681
676
标称应力/MPa
2.0%
2.5%
3.0%
标称应变

图1B

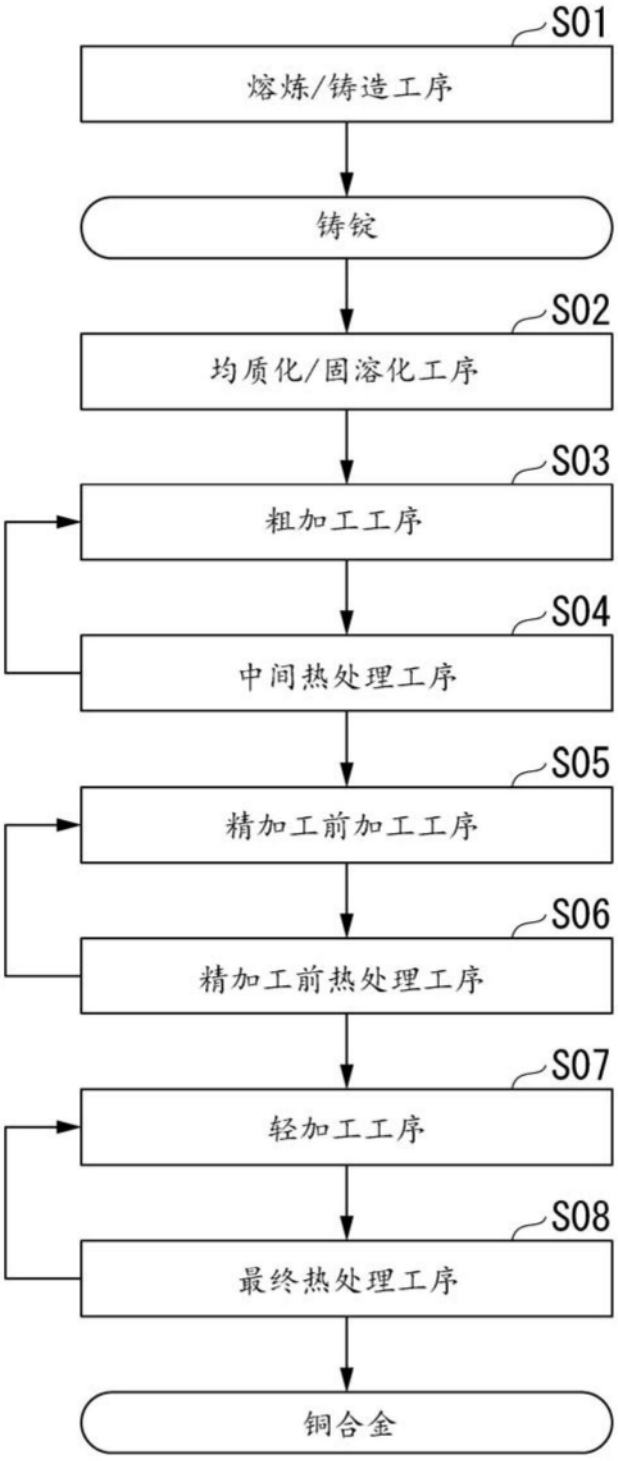

S01
熔炼/铸造工序
铸锭
S02
均质化/固溶化工序
S03
粗加工工序
S04
中间热处理工序
S05
精加工前加工工序
S06
精加工前热处理工序
S07
轻加工工序
S08
最终热处理工序
铜合金

图2