



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 1685067 B

(45) 授权公告日 2010.10.13

(21) 申请号 03816865.0

(22) 申请日 2003.05.15

(30) 优先权数据

10/150,382 2002.05.17 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2005.01.17

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2003/015665 2003.05.15

(87) PCT申请的公布数据

W02003/097886 EN 2003.11.27

(73) 专利权人 梅特格拉斯公司

地址 美国南卡罗来纳州

(72) 发明人 S·米奥金 R·L·拜

G·B·A·舒斯特 D·R·沃尔斯

J·G·科克斯 D·W·米卢雷

J·S·林 N·J·德克利斯托法罗

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公

司 72001

代理人 韦欣华 庞立志

(51) Int. Cl.

C22C 9/06 (2006.01)

B22D 11/06 (2006.01)

C22F 1/08 (2006.01)

审查员 庞立敏

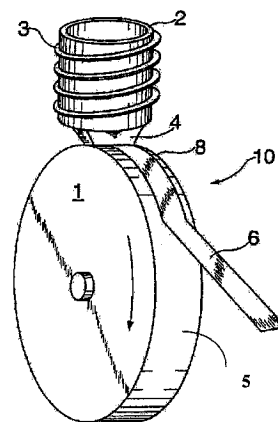
权利要求书 1 页 说明书 7 页 附图 5 页

(54) 发明名称

铜-镍-硅二相淬火基层

(57) 摘要

一种铜-镍-硅淬火基层,其迅速将熔融合金固化成微晶或非晶态条。该基层由导热合金组成。它具有一个其中富铜区被硅化镍网包围的二相微观结构。此微观结构基本上是均匀的。条浇铸的完成随时间变化只有极小的表面破坏。每次运行所浇铸的材料的质量提高了,而没有用铜-镍基层时所遇到的毒性问题。



1. 一种用于将熔融合金快速固化成条的铜-镍-硅淬火基层,具有被硅化镍相网包围的富铜相的二相微观结构,其中所述淬火基层由一种导热合金构成,所述导热合金由89.2-92.7wt%铜、6-8wt%镍、1-2wt%硅、0.3-0.8wt%铬以及附带杂质组成,以及所述结构基本上是均匀的。

2. 权利要求1所述的淬火基层,其中所述导热合金是由91wt%铜、7wt%镍、1.6wt%硅、0.4wt%铬以及附带杂质组成的铜-镍硅合金。

3. 权利要求1所述的淬火基层,其中二相结构的晶胞尺寸在1-1000 μm 的范围,且所述富铜区被硅化镍网紧密包围。

4. 权利要求3所述的淬火基层,其中二相结构的晶胞尺寸在1-250 μm 的范围,且所述富铜区被硅化镍网紧密包围。

5. 一种形成淬火浇铸轮基层的工艺,包括:

浇铸一种铜-镍-硅二相合金坯料,其由89.2-92.7wt%铜、6-8wt%镍、1-2wt%硅、0.3-0.8wt%铬以及附带杂质组成;

用重复锤击锻造所述坯料;

对上述坯料进行机械加工,以形成淬火浇铸轮基层;和

对上述基层进行热处理,以得到晶胞尺寸在1-1000 μm 范围的二相微观结构。

6. 权利要求5所述的工艺,其中所述机械加工包括旋压成形所述坯料。

7. 权利要求5所述的工艺,其中所述机械加工包括环轧所述坯料。

8. 权利要求5所述的工艺,其中所述机械加工包括环锻所述坯料。

铜 - 镍 - 硅二相淬火基层

[0001] 发明背景

[0002] 1. 发明领域

[0003] 本发明涉及通过使熔融合金快速淬火制造条带或丝,特别是涉及用来获得快速淬火的浇铸轮基层的组成和结构特性。

[0004] 2. 现有技术说明

[0005] 合金条的连续铸造是通过在旋转的浇铸轮上沉积熔融合金实现的。随着熔融合金流由浇铸轮的快速移动淬火表面导热而被保持住并固化,形成条。固化条脱离冷却轮并由卷轴机进行处理。为连续铸造高质量的条,此淬火表面必须承受由于周期性地接触熔融金属和从铸造表面去除固化条所产生的热致机械应力。淬火表面内的任何缺陷都容易被熔融金属侵入,因此在去除固化条时扯去部分冷却表面,导致冷却表面进一步破坏。从而,在冷却轮上的某一给定轨道内浇铸更长的条时,条的表面质量降低。高质量条的浇铸长度为轮材料质量提供了一个直接的度量。

[0006] 提高淬火表面性能的关键因素在于:(i) 使用具有高导热率的合金,以便来自熔融金属的热量可以被吸走从而使条固化,(ii) 使用高机械强度的材料以保持在高温($>500^{\circ}\text{C}$)下处于高应力水平下的铸造表面的完整性。具有高导热率的合金并不具有高机械强度,特别是在高温下。因此,为使用具有足够强度特性的合金就牺牲了导热性。纯铜具有非常好的导热性,但在浇铸不长的条后就显示出严重的轮损坏。例子包括各种铜合金等。或者,如 EP0024506 中所公开的,可以向浇铸轮淬火表面上镀各种不同表面层以提高其性能。在 US4,142,571 中详细记述了一种适合的浇铸工序,其公开内容在此引入作为参考。

[0007] 现有技术的浇铸轮淬火表面一般包括两种形式之一:整体的或多部件的。前者中,一个合金实体块被塑造成任选配有冷却通道的浇铸轮的形式。部件淬火表面包括许多片,组装后构成浇铸轮,如 US4,537,239 中所公开。本公开对浇铸轮淬火表面的改进适用于各种浇铸轮。

[0008] 浇铸轮淬火表面通常是由单相铜合金或具有共格沉淀或半共格沉淀的单相铜合金制成的。在用其制造轮/淬火表面之前先将合金浇铸并以某种方式进行机械加工。除了与导热性折衷之外,还考虑了某些机械性能如硬度、拉伸和屈服强度和延展率。这样做是为了对某一给定合金实现机械强度和导热性的最佳组合。这样做的理由主要有两重:1) 提供足够高的的淬火速率以产生期望的浇铸条微观结构,2) 防止淬火表面热破坏和机械破坏而导致条的几何定型破坏并从而使铸件变得不可用。典型的具有共格或半共格沉淀的单相合金包括不同组成的铜铍合金和低铬浓度的铜铬合金。铍和铬在铜中都只有极小的固溶度。

[0009] 条浇铸过程非常复杂,为形成具有出众性能特征的淬火表面,需要认真考虑动态或循环的机械性能。用作淬火表面的原料单相合金的制造工艺可能会显著影响随后的条浇铸性能。这可以归因于机械加工的量和随后在热处理之后产生的强化相。还可以归因于某种机械加工处理的方向性或离散性。例如,环锻和挤出都会使工件产生各向异性的机械性能。不幸的是,该最终取向的方向一般并不与淬火表面内最有用的方向一致。为实现合金重结晶、晶粒长大和强化单相合金基体的共格相沉淀所采用的热处理往往并不足以修正在

机械加工步骤中所导致的不足。生成的淬火表面的微观结构具有不均匀的晶粒尺寸、形状和分布。US5,564,490 和 US5,842,511 中公开了对这些单相铜合金的处理工艺的一些修改,已经被用来获得均匀的精细等轴晶粒结构。精细晶粒均匀单相结构减少了大的凹陷在浇铸轮表面的形成。这些凹陷在浇铸过程中又会在接触轮的条表面产生相应的‘凸起’。这些沉淀的可硬化单相铜合金中许多都包含铍作为其组分。为提高铸造表面的质量需要不断抛光的含铍合金的生物毒性方面构成了健康危险。因此,长久以来人们都在寻找那些表现出良好的熔融金属淬火性能而没有表面破坏的无毒合金。

[0010] 含其它元素添加剂的铜-镍-硅合金已经在电子工业中被用作铍铜合金的替换物,如 US5,846,346 中所公开。第二相的沉淀被抑制,以提供高导热率和强度。日本专利公开 S60-45696 中建议加入 14 种添加剂以在某些科耳生族合金中产生非常精细的沉淀。这些基本单相的合金包含 Cu 和 0.5 到约 4wt% 的镍和 0.1 到约 1wt% 的硅。此基本单相的合金的可能铸造温度远低于快速淬火铸造表面的要求。

[0011] 因此在本领域中仍存在着对用于熔融合金快速固化的无毒冷却轮的需要,它可以在更长时间的浇铸中通过防止快速破坏来保持浇铸条的表面质量。此需要在此以前还未曾被现有的基本单相的铜合金所满足,即使是在很好地控制了晶粒结构时。

[0012] 发明概述

[0013] 本发明提供一种连续浇铸合金条的装置。一般来说,该装置具有一个浇铸轮,它包含一个快速移动的淬火表面,将沉积在其上的熔融合金层冷却以快速固化成连续的合金条。淬火表面由少量添加了其它元素的二相铜-镍-硅合金组成。

[0014] 一般而言,合金的组成主要包含约 6-8wt% 镍、约 1-2wt% 硅、约 0.3-0.8wt% 铬以及余量的铜和附带杂质。这种合金的微观结构包含被充分粘结的硅化镍网区域围绕的铜相精细颗粒。用某些合金制造、浇铸和机械加工方法对具有此微观结构的合金进行处理,并最后进行热处理。合金的微观结构决定着它的高导热率和高硬度与强度。导热率源自于铜相,而硬度源自于硅化镍相。围绕网相的分布产生了一个晶胞尺寸在 1-250 μm 范围的晶胞结构,向熔融的熔体提供了一个基本均匀的淬火表面。这种合金在浇铸时可以坚持更长时间而不破坏。用这种熔融合金可以浇铸出长度很长的条而不形成通常称作‘凸起’的表面突出或其它表面破坏。

[0015] 一般而言,本发明的淬火浇铸轮基层是由一种包括以下步骤的工艺制成的:(a) 浇铸一种铜-镍-硅二相合金坯料,其组成主要包含约 6-8wt% 镍、约 1-2wt% 硅、约 0.3-0.8wt% 铬以及余量的铜和附带杂质;(b) 对上述坯料进行机械加工,以形成淬火浇铸轮基层;和 (c) 对上述基层进行热处理,以得到晶胞尺寸在约 1-1000 μm 范围的二相微观结构。

[0016] 使用二相晶态淬火基层有利地延长了浇铸轮的使用寿命。在淬火表面上实施浇铸的工作时间得到了显著增长,每次运行中浇铸的材料量也增加了,而且没有用铍铜合金基层时所遇到的毒性。在所述淬火表面上浇铸条的表面缺陷也少得多,由此,叠层系数也增加了(%层压);由这种条制造的配电变压器的效率也提高了。淬火表面在浇铸时的工作响应从一次浇铸到另一次浇铸非常一致,从而持续基本相同的运行时间是可再现的,维修安排也变得更为方便。有利地,在这种基层上快速固化的条的产量显著增加,包含维修基层在内的停机时间被减到最小,工艺的可靠性得到提高。

[0017] 附图简述

[0018] 参照以下详细说明和附图,本发明将得到更充分的了解,而且其它优点也会变得显而易见,其中:

[0019] 图 1 是连续浇铸金属条装置的透视图;

[0020] 图 2 是具有共格或半共格沉淀的 Cu 2wt% Be 淬火基层用于连续漏模浇铸 6.7 英寸宽的非晶态合金条时,其性能下降(“凸起”)随浇铸时间的变化曲线。

[0021] 图 3 是用凸起生长随时间的变化来表示的 Cu 2% Be、二相 Cu-7% 镍(即表 I 中的组成 2)以及基本单相的合金 Cu-4% Ni 和 Cu2.5% Ni(即表 I 中的组成 3 和 C18000)的性能下降曲线;

[0022] 图 4 是用轮缘平滑度破坏随时间的变化来表示的 Cu 2% Be、二相 Cu-7% 镍(即表 I 中的组成 2)以及基本单相的合金 Cu-4% Ni 和 Cu2.5% Ni(即表 I 中的组成 3 和 C18000)的性能下降曲线。

[0023] 图 5 是用层压系数下降随时间的变化来表示的 Cu 2% Be、二相 Cu-7% 镍(即表 I 中的组成 2)以及基本单相的合金 Cu-4% Ni 和 Cu2.5% Ni(即表 I 中的组成 3 和 C18000)的性能下降曲线。

[0024] 图 6 是在表 I 标作组成 C18000 的基本单相的合金淬火基层在浇铸条 21 分钟之后的显微照片,显示有凸起形成。

[0025] 图 7 是在表 I 标作合金 2 的铜-镍-硅二相淬火基层在浇铸条 92 分钟之后的显微照片,显示出能防止凸起形成。

[0026] 优选实施方案说明

[0027] 在本文中,术语“非晶态金属合金”是指基本上没有任何长程有序性的金属合金,其由 X 射线衍射强度最大值来表征,这些值与在液体或无机氧化物玻璃中观察到的非常类似。

[0028] 术语具有一种结构的二相合金,在本文中是指具有被硅化镍网围绕的富铜区从而产生一个尺寸小于 250 μm (0.010 英寸)的晶胞结构的合金。

[0029] 在本文中,术语“条”是指横向尺寸远小于其长度的细长体。因此所述条包括所有规则或不规则横截面的丝、条带和薄板。

[0030] 在本文中遍及说明书和权利要求的术语“快速固化”是指以至少约 10^4 – 10^6 $^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 的速度冷却熔体。在本发明的范围内有许多快速固化技术可以用来制造条,例如向冷却基层上喷雾沉积、喷射浇铸、平面流铸等。

[0031] 在本文中,术语“轮”是指宽度(轴向)小于其直径且横截面基本为圆形的物体。相比之下,一般认为辊子的宽度大于直径。

[0032] 基本均匀在此是指二相合金的淬火表面的晶胞尺寸在各个方向上都基本均匀。优选,基本均匀的淬火基层的组成晶胞的尺寸均匀度的特征在于至少约 80% 的晶胞尺寸大于 1 μm 并小于 250 μm ,而其余的大于 250 μm 并小于 1000 μm 。

[0033] 术语“导热的”,在本文中是指淬火基层的导热率值大于 40W/mK 并小于约 400W/mK,更优选大于 80W/mK 并小于约 400W/mK,最优选大于 100W/mK 并小于 175W/mK。

[0034] 在此说明书和所附的权利要求书中,针对装置中位于轮缘并充当淬火基层的浇铸轮部分进行了说明。应当理解,本发明的原则同样适用于形状和结构不同于轮的淬火基层

结构如带,或其中充当淬火基层的部分位于轮的面上或除轮缘之外的另一部分的浇铸轮结构。

[0035] 本发明提供一种具有特殊微观结构的二相铜-镍-硅合金,以在熔融金属的快速淬火中用作淬火基层。在合金的一个优选实施方案中,确定了合金元素镍、硅以及少量铬的比率。一般而言,所述导热合金是一种基本上由约 6-8wt% 镍、约 1-2wt% 硅、约 0.3-0.8wt% 铬以及余量的铜和附带杂质组成的铜-镍硅合金。优选,所述导热合金是一种基本上由约 7wt% 镍、约 1.6wt. % 硅、约 0.4wt% 铬以及余量的铜和附带杂质组成的铜-镍硅合金。所有材料的纯度都符合标准商业惯例。

[0036] 金属条的快速均匀淬火是通过使冷却液流过淬火基层附近的轴向管道来实现的。此外,由于随着轮在浇铸时旋转,熔融合金周期性的沉积在淬火基层上,结果形成了很大的热循环应力。这导致在基层表面附近形成很大的径向温度梯度。

[0037] 为防止此大热梯度和热疲劳循环本会造成的淬火基层的机械破坏,二相基层由硅化镍网包围富铜相的精细的尺寸均匀的组成晶胞组成。淬火表面的这种精细二相孔网结构防止了基层晶胞被高速离开淬火表面的固化条带走。此表面完整性防止了在轮上产生凹陷,所述凹陷会在条上复制形成‘凸起’或突出。这些凸起妨碍了将条层压制成层压板减小条的叠层系数的能力。

[0038] 在几个美国专利中记述了适于形成铝、锡、铜、铁、钢、不锈钢等等的多晶条的装置和方法。优选那些一从熔体快速冷却就形成固体非晶态结构的金属合金。这些对于本领域技术人员来说是已知的。在 US3,427,154 和 US3,981,722 中公开了这种合金的例子。

[0039] 参照图 1,显示了一种连续浇铸金属条装置,总地以 10 表示。装置 10 具有一个可旋转地安装在其纵轴上的环形浇铸轮 1,用来容纳熔融金属的储罐 2 和感应加热线圈 3。储罐 2 与靠近环形浇铸轮 1 的基层 5 安装的开缝喷嘴 4 连通。储罐 2 还进一步配备有用来向其中容纳的熔融金属加压以使其通过喷嘴 4 排出的装置(未显示)。在运行中,受压保持在储罐 2 中的熔融金属通过喷嘴 4 被喷射在快速移动的浇铸轮基层 5 上,并在上面固化形成条 6。固化之后,条 6 从浇铸轮上分离并从该处被甩开,由绕线器或其它适合的收集设备(未显示)收集起来。

[0040] 构成浇铸轮淬火基层 5 的材料可以是单相铜或任何具有比较高的导热率的其它金属或合金。如果需要制造非晶态或亚稳态条,则此要求尤其适用。优选的用来构成基层 5 的材料包括晶粒尺寸精细均匀的沉淀硬化单相铜合金如铬铜或铍铜,分散硬化合金和无氧铜。如果需要,基层 5 可以高度抛光或镀铬等以获得具有平滑表面特征的条。为提供额外的防风化、侵蚀或热疲劳功能,浇铸轮的表面可以用传统的方法涂覆适合的防腐剂或难熔涂层。一般,只要浇铸在冷却表面上的熔融金属或合金的浸湿性足够,则陶瓷涂层或耐蚀、高熔点的金属涂层都适用。

[0041] 如上文所述,重要的是熔融金属或合金不断在其上浇铸成条的淬火表面的晶粒尺寸和分布分别既精细又均匀。图 2 中比较了现有技术中使用两种不同粒径的单相淬火表面的条浇铸性能。由于条的撕扯动作,即它高速离开淬火表面时将大晶粒带走从而产生凹陷,所以较粗晶粒沉淀硬化的 Cu-2% Be 合金很快破坏。在这种情况下破坏发生的一种机制包括在淬火基层表面形成微细裂缝。然后沉积的熔融金属或合金进入这些小裂缝,在其中固化,并在浇铸条于浇铸运行中从淬火基层分离时连同相邻的淬火基层材料一起被拉

出。破坏过程是衰减的,随时间逐渐更深入铸件从而愈严重。淬火基层上被破坏或拉出的点称作“凹陷”,而相应的附着于浇铸条底面上的复制突出称作“凸起”。另一方面,具有精细均匀的晶粒结构的沉淀硬化单相铜合金所导致的冷却轮淬火表面的破坏相对较小,如 US5,564,490 所公开的。

[0042] 本发明的淬火基层是通过形成一种包含少量添加了铬的铜-镍-硅二相合金的熔体,并将熔体浇入模中从而形成坯料而制造的。硅化镍相在 1325℃ 熔化,且不容易在 1083℃ 熔化的熔融铜被溶解。一种值得推荐的制造此合金的方法包括将铜-镍主合金与 30-50wt% 的镍一起使用,以及将镍-硅主合金与 28-35wt% 的硅一起使用。这些合金熔点都低于或接近铜,并且不用过度加热铜熔体就很容易溶解。过度加热铜熔体是不利的,因为会大大增加氧气和氢气的引入。氧气的溶解会降低导热率,而氢气的溶解会导致浇铸中产生微孔。

[0043] 将如此浇铸的坯料重复锤击,从而通过锻造打乱坯料的浇合二相结构并形成具有精细晶胞状结构的坯段。可以用扩管锥体对坯段进行穿孔,以制成圆柱体用于进一步处理。将圆柱体切成进一步几乎接近最终淬火表面形状的圆柱段。为提高精细晶胞结构的均匀性,使圆柱段经受若干机械变形步骤。这些步骤包括:(1) 环锻,其中用铁砧(鞍状物)支撑圆柱段并用锤重复敲打,同时使圆柱段绕铁砧逐渐转动,从而圆柱段的整个周围都用分散的冲击进行了加工;(2) 环轧,其类似于圆筒件锻造,只不过圆柱段的机械加工是用一组辊子而非一个锤子以一种更加均匀的方式实现的;和(3) 旋压成形,其中用一个扩管锥体来定型淬火表面的内径,并且一组加工工具在沿圆柱段平移的同时围绕圆柱段进行加工,从而在给予大规模的机械变形的同时使圆柱段变细变长。

[0044] 除上述机械变形步骤之外,还可以在机械变形之间或在机械变形的同时应用各种热处理步骤,以促进处理和产生具有充分分散的精细晶胞结构的淬火表面合金,其中二相合金的富铜相被硅化镍相网所包围。

[0045] 图 2 是用作淬火基层的两种不同平均粒径的铍铜合金的性能数据。由于条的浇铸逐渐破坏淬火表面,所以较粗晶粒的基层上浇铸的条很容易产生凸起。较精细晶粒的单相合金破坏速率较慢,使得可以浇铸更长的没有凸起形成的条段。

[0046] 图 3 是用凸起生长随时间的变化来显示的性能下降曲线。图中用凸起生长随时间的变化显示了 Cu2% Be、二相 Cu-7% Ni(表 I 中的组成 2)、以及基本单相的合金 Cu-4% Ni 和 Cu2.5% Ni(表 I 中的组成 3 和 C18000) 的性能下降。所述‘凸起’是在单一轨道上浇铸条时轮上产生凹陷的直接结果。双相铜-7%镍硅合金的数据与由 Cu-2wt% Be 合金组成的精细晶粒单相沉淀硬化淬火基层的数据相比要好得多。

[0047] 图 4 是用轮缘光滑度下降随时间的变化来表示的 Cu2% Be、二相 Cu-7% Ni(表 I 中的组成 2)、以及基本单相的合金 Cu-4% Ni 和 Cu2.5% Ni(表 I 中的组成 3 和 C18000) 的性能下降曲线。由于浇铸在淬火表面上的固化条不断拉离,轮缘上出现凹陷。双相铜-7%镍硅合金的数据与由 Cu-2wt% Be 合金组成的精细晶粒单相沉淀硬化淬火基层的数据相比要好得多。

[0048] 图 5 是用层压系数降低随时间的变化来表示的 Cu2% Be、二相 Cu-7% Ni(表 I 中的组成 2)、以及基本单相的合金 Cu-4% Ni 和 Cu2.5% Ni(表 I 中的组成 3 和 C18000) 的性能下降曲线。条上的‘凹陷’妨碍了条的叠加性,降低了层压系数。用 ASTM 标准 900-91 中

规定的测试方法,非晶态磁条的层压系数标准测试方法,ASTM 标准 1992 年鉴 Vol. 03. 04,可以方便地测出层压系数。双相铜-7%镍硅合金的数据与由 Cu-2wt% Be 合金组成的精细晶粒单相沉淀硬化淬火基层的数据相比要好得多。

[0049] 图 6 中显示了由合金 C18000 组成的淬火表面在浇铸条 21 分钟之后所拍的显微结构。合金 C18000 是精细晶粒分布均匀的单相合金。所示显微照片标记的长度为 $100\ \mu\text{m}$;图象宽 $1.4\text{mm}(1400\ \mu\text{m})$ 。在显微照片中可以看到明显的凹陷。每个凹陷(总的以 30 表示)用发光区域表明。裂缝(总地以 40 表示)易于长成凹陷 30。

[0050] 图 7 是具有表 I 中 2 号合金所代表组成的二相合金的显微照片,在浇铸 92 分钟之后仍显示了均匀的精细晶胞分布。所示显微照片标记的长度为 $100\ \mu\text{m}$;图象宽 $1.4\text{mm}(1400\ \mu\text{m})$ 。发光区域代表次生相网。在显微照片中看不到明显的凹陷。

[0051] 少量添加了铬的铜-镍硅合金中不包含有害的元素如铍。铜、镍、硅、铬和铍的 OSHA 极限值(份每百万)列于空气污染物 OSHA 极限值 1910. 1000 表 Z-1 和 Z-2 中,现复制如下:OSHA 极限值:

材料	元素	微克/立方米
铜粉尘	(Cu)	1000
镍金属和化合物	(Ni)	1000
硅呼吸性粉尘	(Si)	5000
铬金属和化合物	(Cr)	1000
铍和化合物	(Be)	2

[0052] 这些极限值显示了铍的有毒高度危险性。

[0053] 下列实施例的给出是为了进一步完整地了解本发明。用来说明和实施本发明的具体技术、条件、材料、比例和报告数据都是说明性的,不应被认为是限制本发明的范围。

[0054] 实施例

[0055] 选择了五种铜镍和硅的合金来研究,在表 I 中显示为合金 1、2、3、C18000 和 C18200。这些合金的各自组成都显示在下面表 I 中。

合金组成						
合金 No.	Cu	Ni	Si	Cr	Fe	Mn
1	余量	7.00%	1.60%	0.40%	<0.1%	
2	余量	7.10%	1.70%	0.70%	0.05%	
3	余量	4.00%	1.10%	0.00%	0.10%	0.01%
C18000	余量	2.50%	0.60%	0.50%	0.20%	
C18200	余量	0.00%	0.10%	0.90%	0.10%	

[0056] 表 I

[0057] 具有 $5-250\ \mu\text{m}$ 的精细晶胞结构的合金 1 和 2 性能都非常出色。它们是具有被网状硅化镍相围绕的富铜相的双相合金。如图 3-5 所示,淬火基层合金 2 的性能相当于 Cu-2wt% Be 合金。合金 3 是单相铜-镍硅合金,磨损很快,耐久率小于 12%。它形成‘凹陷’,易于破

坏淬火表面。C18000 是类似于合金 3 的单相合金,由于镍和硅含量低,比合金 3 破坏得更厉害。它在 6%的合金 2 的浇铸时间之内就发生了破坏。C18200 中不含镍,在整个系列中性能最差,在不到 2%的合金 2 浇铸时间之内就显示了淬火表面破坏。

[0058] 在对本发明进行了如此详细地说明之后,应当清楚,不应绝对地坚持这些细节,相反,对于本领域技术人员来说可以有其它变化和修改,所有这些属于所附权利要求书所定义的本发明的范围之内。

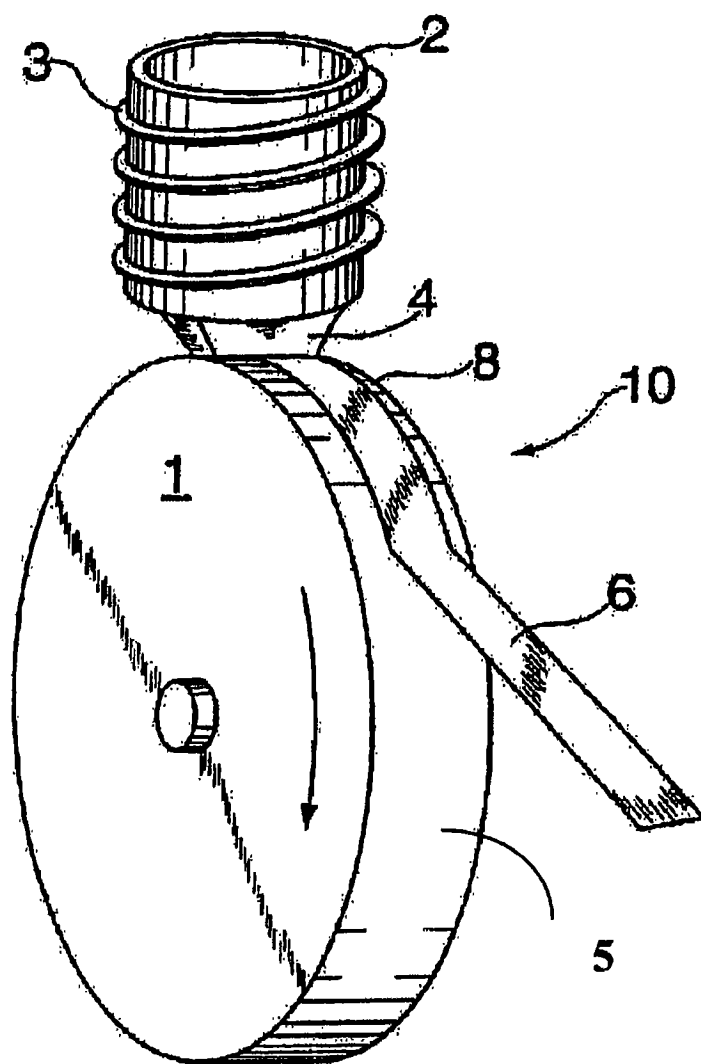


图 1

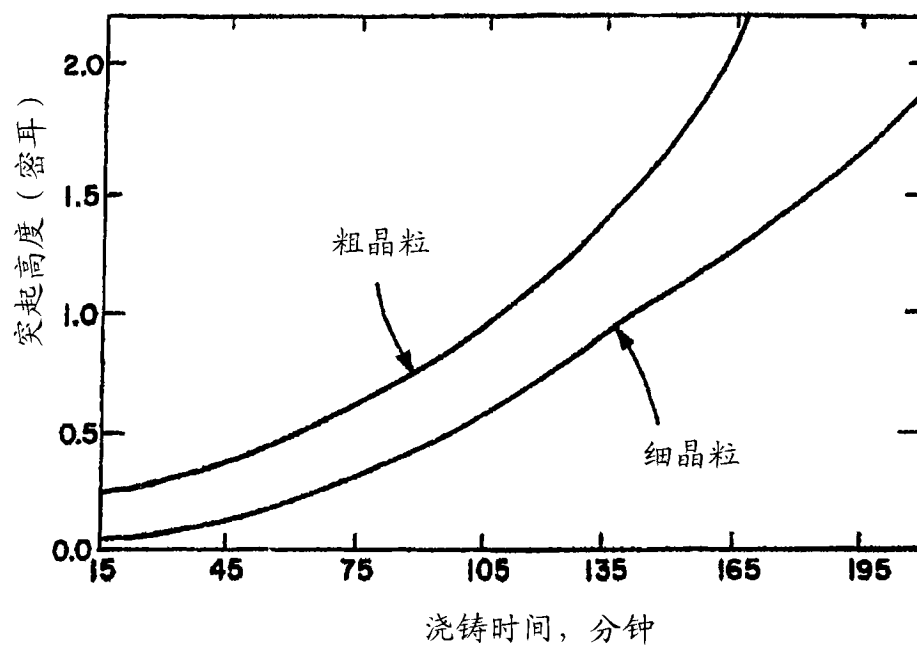


图 2

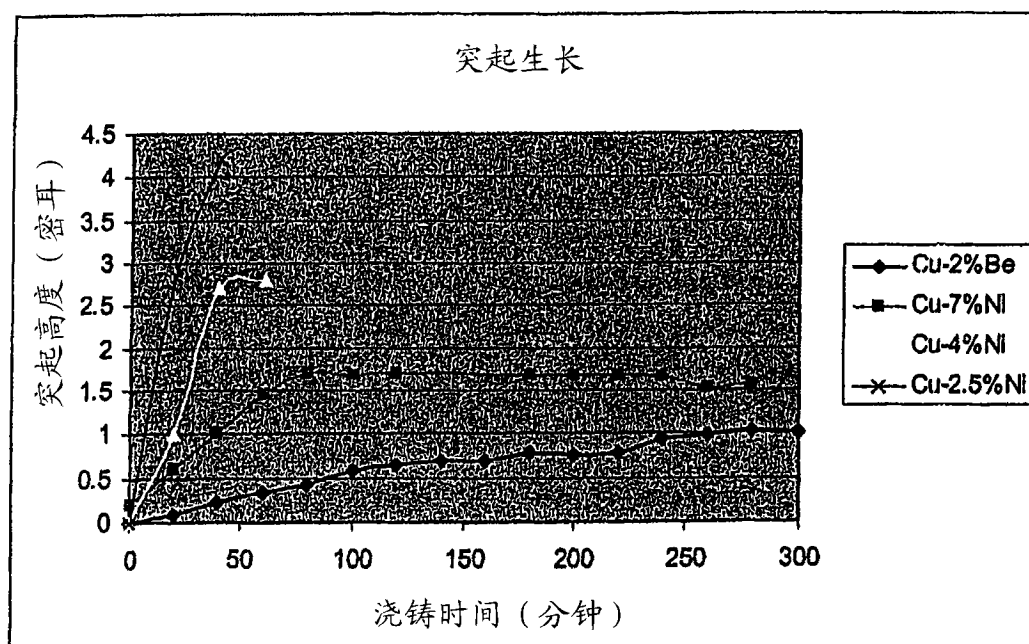


图 3

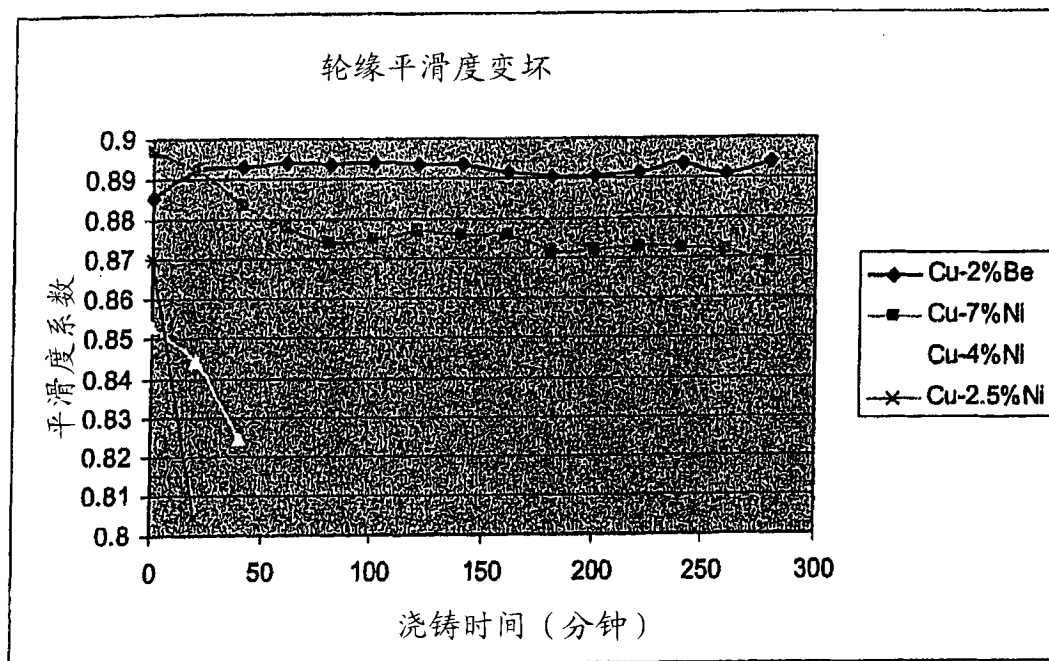


图 4

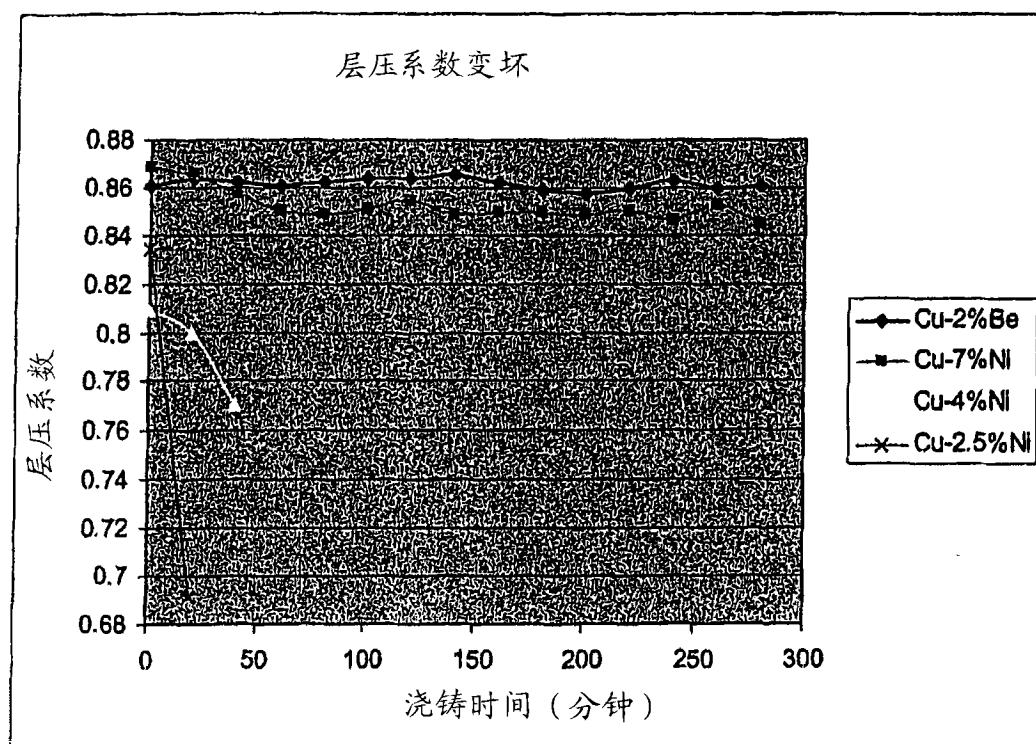


图 5

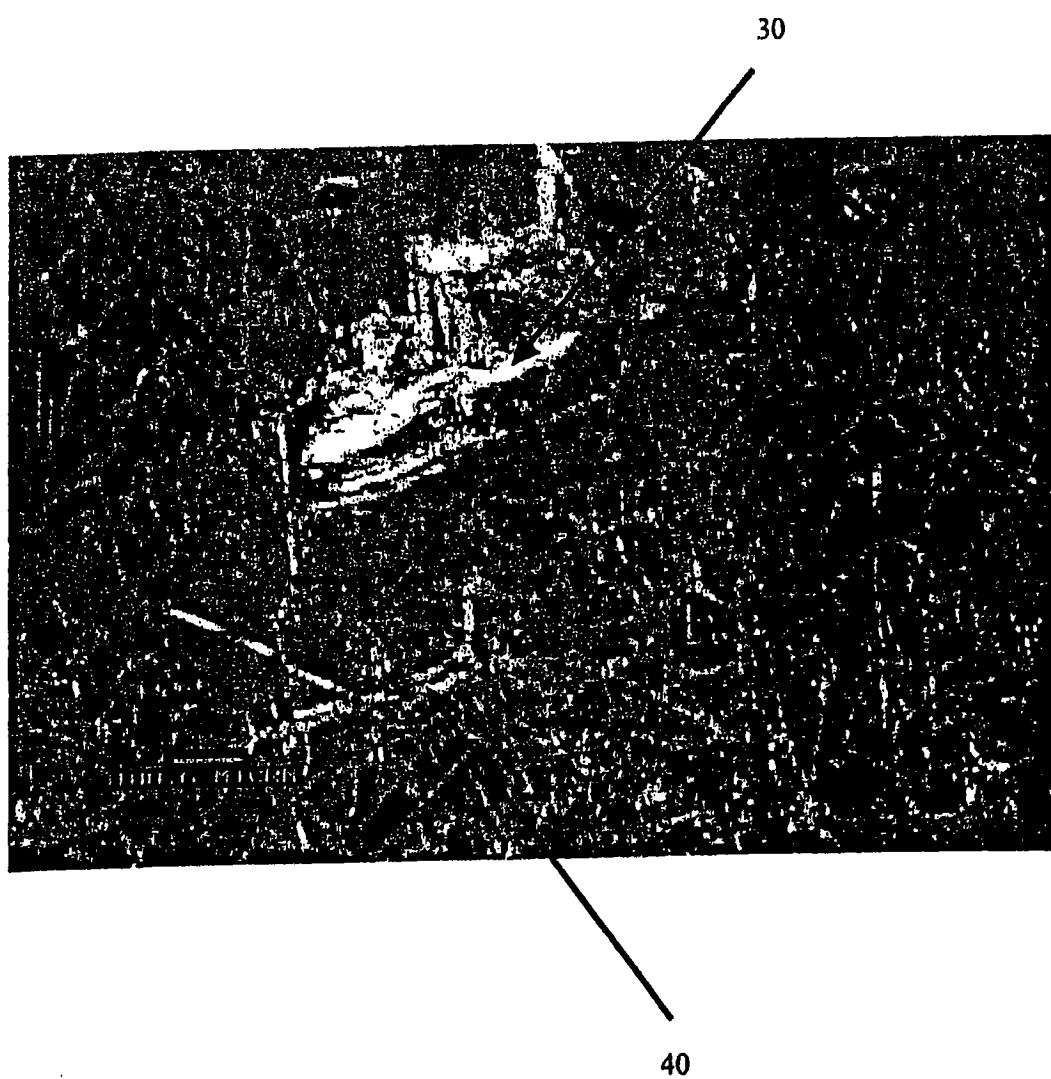


图 6



图 7