

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

C22C 21/00

B22D 21/00

[12] 发 明 专 利 说 明 书

[21] ZL 专利号 95190242.3

[45] 授权公告日 2001 年 1 月 24 日

[11] 授权公告号 CN 1061102C

[22] 申请日 1995.2.22 [24] 颁证日 2000.10.14

[21] 申请号 95190242.3

[30] 优先权

[32] 1994.3.31 [33] US [31] 08/221,374

[86] 国际申请 PCT/US95/02185 1995.2.22

[87] 国际公布 WO95/27089 英 1995.10.12

[85] 进入国家阶段日期 1995.11.29

[73] 专利权人 勃拉希·威尔曼股份有限公司

地址 美国俄亥俄州

[72] 发明人 J·M·马德 W·J·霍斯

[56] 参考文献

US3456322A 1969.7.22 B22F7/00

US3902544A 1975.9.2 B22D27/08

US5260847A 1993.11.9 G11B5/55

审查员 葛松生

[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所

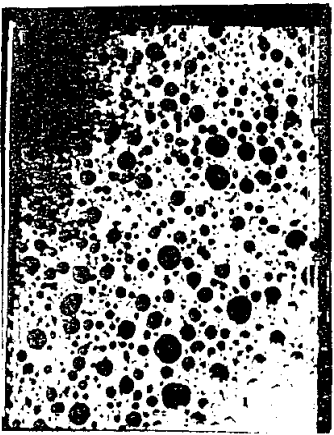
代理人 林蕴和

权利要求书 2 页 说明书 17 页 附图页数 3 页

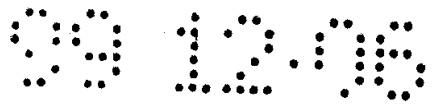
[54] 发明名称 含铍的铝合金及其半固态加工

[57] 摘要

揭示一种含 1 至 99 重量% 铍的实际上以铝为基的合金,以及含铍铝合金改进的半固态加工方法。本发明方法使用雾化法或机械粉碎法铍粉与固态颗粒或液相铝相混合,不将铍熔化,不进行熔融态铝铍合金的搅拌,也无需引入剪切力。



ISSN 1008-4274



权 利 要 求 书

1. 一种制造含铍铝合金的方法，其特征在于它包括如下步骤：
 - (a) 提供铝组分粉末及铍组分粉末；
 - (b) 将铝和铍组分混合；
 - 5 (c) 在约高于铝的固相线的温度下熔化该铝组分，产生固态铍分散于液态铝的半固态浆液；
 - (d) 原位浇铸该半固态浆液。
2. 一种由铍-铝合金制造近似净形状制品的方法，所述的铍-铝合金含有 1-99% 重量的铍，其余为铝，所述的铍是分散于所述
10 铝基体中的固体等轴颗粒，所述的方法包括如下步骤：
 - (1) 将铝组分粉末和铍组分粉末的混合物加热到高于铝的固相线温度但低于铍的熔融温度的温度，形成铍颗粒分散于液态铝的浆液；
 - (2) 在浆液中不引入显著剪切力的条件下用半固态加工
15 法将所述的浆液制成所述的近似净形状制品。
3. 如权利要求 2 所述的方法，其特征在于所述的浆液用触变锻造法制成近似净形状制品。
4. 如权利要求 3 所述的方法，其特征在于在密闭模中挤压所述的浆液。
- 20 5. 如权利要求 3 所述的方法，其特征在于所述的浆液用柱塞流入永久铸模腔。
6. 如权利要求 2 所述的方法，其特征在于所述的浆液用触变铸造法制成近似净形状制品。
7. 如权利要求 6 所述的方法，其特征在于所述的浆液用旋转螺旋进料方式加入永久铸模腔。
25
8. 如权利要求 2 所述的方法，其特征在于所述的浆液用原位冷冻法或密闭模锻造法制成近似净形状制品。
9. 如权利要求 2 所述的方法，其特征在于该方法通过将所述的浆液加入永久铸模腔而将其制成近似净形状制品，该方法还包括如
30 下步骤：
 - (3) 从永久铸模腔中取出所述的近似净形状制品。

10. 如权利要求 9 所述的方法,其特征在於该方法还包括通过对所述的近似净形状制品进行加工操作制成精密净形状制品。

11. 如权利要求 10 所述的方法,其特征在於所述的近似净形状制品通过轧制、锻造或挤压制成精密净形状制品。

5 12. 如权利要求 2 所述的方法,其特征在於所述的合金含有 5-80%重量的铍。

13. 如权利要求 2 所述的方法,其特征在於所述的合金含有 5-80%重量分散于实质上纯铝中的等轴固态铍。

10 14. 如权利要求 2 所述的方法,其特征在於所述的合金含有 5-80%重量分散于富铝组合物中的等轴固态铍。

15. 如权利要求 14 所述的方法,其特征在於所述的富铝组合物选自第 5056 号、6061 号、1100 号、A356 号及 A357 号铝合金。

16. 如权利要求 2 所述的方法,其特征在於所述合金中的铍组分具有非树枝状显微结构。

15 17. 如权利要求 2 所述的方法,其特征在於所述的合金可进一步用改进的半固态法加工。

18. 如权利要求 17 所述的方法,其特征在於所述改进的半固态加工法选自密闭模锻造、半固态锻造或半固态模压。

20 19. 如权利要求 2 所述的方法,其特征在於所述的等轴铍选自机械粉碎法铍粉或雾化法球粒铍粉。

20. 如权利要求 13 所述的方法,其特征在於该合金具有至少比铝高 25%的弹性系数。

25 21. 如权利要求 2 所述的方法,其特征在於所述的混合物在非反应性气氛中进行加热,所述的非反应性气体选自氩气、氦气或氮气。

22. 如权利要求 21 所述的方法,其特征在於所述的加热在真空中进行。

23. 如权利要求 2 所述的方法,其特征在於所述的合金用真空热压、热等静压及挤压法制成。

30 24. 如权利要求 2 所述的方法,其特征在於让所述的浆液固化形成前驱体,再将该前驱体加热至高于铝的固相线温度但低于铍熔点的温度,以将该前驱体半固态加工成近似净形状制品。

说明书

含铍的铝合金及其半固态加工

本申请系申请日为 1993 年 11 月 23 日,申请号为 08/156,356 申请案的部分继续申请,而该部分继续申请为申请日为 1991 年 10 月 2 日,申请号为 07/770,187 申请案的继续申请。

发明背景

发明领域

本发明涉及一种铍及铝之合金。详言之,本发明描述一种制造含铍铝合金的方法以及将其形成有用的结构件产品的方法。

现有技术简介

铝和铍的合金在技术上为已知。比如在 Cooper 的专利 1,254,987 中,说明了将铝加进铍中来改善切削加工性能。Fenn 的专利 3,337,334 说明并提出申请专利的 Lockalloy 商业化产品(由 Lockheed 和 Berylco 在 60 年代发展的),它是铝基的合金,含有 62 重量百分比的铍。

Lockalloy 是制成片状,并装入 YFA12 实验飞机的后机身下中(Duba, YF-12 Lockalloy 腹翼计划(YF-12 Lockalloy Ventral Fin Program),最终报告,NASA CR-144971,1976)。在引进 Lockalloy 后,对含有 62 重量百分比铍的预制铝合金制成的轧制合金取得了广泛的数据。比如,可参见 London:合金及复合物(Alloy and Composites),Beryllium Science and Technology,第 2 卷,Plenum 出版社,纽约(New Yourk)(1979)。

文献有将第二级及第三级元素加至铝—铍合金中的报道。如 McCarthy 的专利 3,664,889 所说明的,加入了镁、硅、镍或银以制

备铝和铍的三元及四元合金。这些合金是由迅速凝固的合金粉末用常规方式进行密致化和加工制成。俄国对三元或更多元铝—铍合金的研究,散见在 Molchanova, 600℃时在 Al-Be-Ni 系统的相平衡 (Phase Equilibria in the Al-Be-Ni System at 620 Deg. C), Vest. Mosk. Univ. Khim., 第 27(3) 卷, 第 266~271 页 (1986); Komarov, 用热处理来增加 Al-Be-Mg 合金在熔焊接点的强度 (Increasing the Strength of Welded Joints in an Al-Be-Mg Alloy by Heat Treatment), Weld. Prod., 第 26(1) 卷, 第 32~33 页 (1979); Kolachev, 铝铍及镁的结构合金 (Constructional Alloys of aluminum Beryllium and Magnesium), Metalloved. Term. Obrad. Metal., 第 13 卷, 第 196~249 页 (1980); Nagorskaya, Al-Be-Mg-Zn 四元系统合金中的结晶过程 (Crystallization in Al-Be-Mg-Zn Quaternary System alloys), Metalloved. Term. Obrad. Metal., 第 9 卷, 第 72~74 页 (1973) 中的说明。

通常要加入少量的铍至富含铝的合金中,以防止铝和其它合金组分在像熔融和浇铸的步骤中发生氧化。第一个例子有位在俄亥俄州 (Ohio), 艾莫耳 (Elmore) 的 Brush Wellman 有限公司 (Brush Wellman Inc.), 它制造并销售含有 10% 或不到铍的富含铝的母合金, 供大批量生产厂家作进一步加工之用。下游铝产品中的残余铍含量较少于 0.01%。

最近的铝—铍相图显示出一个实际上在两端都有固体溶解度的简单低共熔物。摘自 Murray 所著 铝—铍系统 (The Aluminum-Beryllium System), 二元铍合金的相图, ASM 国际的合金相图专集 (ASM International Monographs on Alloy Phase Diagrams), 第 9 页 (1987) 的这个 Al-Be 相图复制在本发明书的图 1 中。

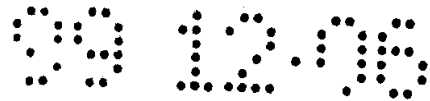
Brush Wellman 已经对含有约 10 至约 75 重量百分比铍的铝合金进行了广泛的研究, 可参见 Hashiguchi 所著, 供太空应用的铝

铍合金 (Aluminum Beryllium Alloys for Aero-Space Application), 欧洲太空总署结构材料会议 (European Space Agency Structural Materials Conference), 阿姆斯特丹 (Amsterdam) (1992 年 3 月)。他作的研究显示, 一个含有约 62 重量百分比铍的铝合金相当于含有约 70 容积百分比的铍, 而 50 重量百分比铍的合金则相当于含有约 59 容积百分比的铍。另外还发现, 该系统合金组合物的密度和弹性模数服从混合物原则, 即通常有可能在纯铍和纯铝的性质之间作合金性质的内插。

Brush Wellman 公司 Elmore 研究室的研究也显示, 可生产出大的铸锭和预制合金喷雾细粉末的颗粒, 其显微组织是铍在铝基材中的金属复合物。目前 Brush Wellman 是以商标名为 AlBeMet™ 的挤压产品和冲压薄板产品出售这些合金的。

目前所有已知制造含铍铝基合金的方法都需要完全熔化铝及铍的原料。铝及铍金属进料在内衬有耐火材料之槽子中, 在真空条件, 充分高于 1280℃ (铍的熔点) 的温度下液化。然后熔体通常注成铸锭或用惰气雾化成预制合金粉。因为这些高温冶金方法相当昂贵, 故需要一种较低温度的方法, 该方法随后不需多少切削加砂以减少材料的切屑损失。

Brush Wellman 使用了两种均可适用的方法将 AlBeMet™ 加工为有用的零件。这两个方法通常都需要在约 1350 至约 1450℃ 的温度范围内, 在有陶瓷内衬的耐火坩埚中对铝和铍的起始材料进行真空熔炼。第一个可用的方法是令液化的铝—铍熔体经由耐火喷嘴倾出成一液流, 然后被一高速喷射的惰性气流所截交。惰性气流使液流断裂成细微的液滴, 液滴然后固化形成预制的合金粉末。构成预制合金粉末的单个颗粒具有铝合金基体中含有铍相的非常细微的树枝状显微结构。然后利用冷等静压制、热等静压制或挤压, 使预制合金粉末固结生产出整体形状件, 接着可经切削加工形成有用的物件。



将 AlBeMet™ 加工形成有用零件的第二个可用的方法,是传统的铸锭浇注操作。它是将熔融的铝—铍合金倒进石墨模腔中,使之冷却成直径为 15 厘米(6 英寸)的固态铸锭。该铸件的显微结构是在铝合金基体中有相当粗大的树枝状铍相。去除铸件的保温帽,将其表面刮净,进一步压延、挤压或切削加工成最终的型件。

这两类方法皆相当昂贵,故需要较便宜的净成形方法。习用的金属半固体加工或触变成形法是利用在冷却期间连续且剧烈搅拌加热液化的金属而得到的低表观粘度。(这些方法一般叙述在 Brown, Net-Shape Forming Via Semi-Solid Processing, Advanced Materials & Processes, 第 327-338 页, 1993 年 1 月)中。目前使用各式各样的术语描述金属半固体加工形成有用物件的方法,包括流变浇注,粉浆浇注,触变锻造及半固态锻造。这些术语都各与半固态加工步骤或所用装置类型的多样性特征有关。

半固态加工开始是加热金属或诸种金属至高于其液相线温度形成熔融的金属或合金,在其缓慢冷却过程中,使用技术上已知的各式各样方法在液化金属中引入剪切力,在原位形成分散于熔体中的等轴颗粒。在此情况下,就说金属处于“触变的”或半固体的浆液状态。触变浆液的特点是它是非树枝状的显微结构,且可相当容易地藉大量生产的设备进行操作,使过程自动化并精确控制,同时增加铸造材料的产率。参照 Kenney 半固体金属铸造及锻造, 金属手册, 第 9 版, 第 15 卷, 第 327~338 页(1988)。

半固态金属浆液的非树枝状显微结构述于 Flemings 专利第 3,902,544 中。该专利对于本技术是有代表性的,其所述方法集中于进行缓慢冷却期间的剧烈对流,以产生导致非树枝状显微结构的等轴颗粒分散物等。还可参照 Flemings 金属合金在半固态的行为, 冶金会报, 第 22A 卷, 第 957~981 页(1991)。

本揭示之前的公开文献集中于研究使用高温剪切的方法变形及

破坏树枝状生长结构过程中所需力的大小。已经发现,半固态合金显示数百,甚至数千泊的粘度,视剪切速率而异(Kenney 半固态金属铸造及铸造,金属手册,第9版,第15卷,第327页(1988));而且发现连续冷却时所测出的半固态的浆液粘度与所加剪切力有很强烈的函数关系,所测粘度随剪切速率的增加而降低(Flemings 金属合金于半固态的行为,ASM News,第4~5页,1991年9月)。

对于液化金属进行搅拌,以后商业性开发了一些不同的方法,为的是在半固态浆液中达到基本上是球状的或细晶粒显微结构。已发展了两种一般的处理途径(1)流变浇注,在此方法中,浆液在分开的混合器中产生,然后输送到模具中;(2)半固态锻造,它是在备有混合装置的模具中铸造出坯料,直接于模具中产生球状显微结构。

Winter 专利第4,229,210号揭示了一种用分开的混合器,以电力在冷却着金属中产生湍流运动的方法;而 Winter 专利第4,434,837及4,457,355号则揭示了一种装有磁流体动力搅拌器的模具。

已发展了各式各样在冷却金属中产生剪切力形成半固态浆液的搅拌或搅动方法。例如,Young 专利第4,82,012号 Dantzig 专利第4,607,682号及 Ashok 专利第4,642,146号,这些专利都描述。一种在液化金属中产生所需剪力的电磁搅拌装置。产生所需剪切速率的机械搅拌在 Kenney 专利第4,771,818号, Gabathuler 专利第5,186,236号及 Collot 专利第4,510,987号中均有叙述。

目前已知的半固态加工技术难以应用于含铍的铝合金,因为预制合金材料需于负真空压力条件下进行极高温度的触变加工。该高温需要超过铍的熔点(1280℃)。

本说明书描述制造含铍铝合金所遇上述问题的解决办法,并揭示金属合金半固态加工的改进方法。

发明目的

本发明的目的系通过改进的半固态加工方法提供铍含量为 1~99 重量%的铝基实用合金。

本发明另一目的是通过改进的半固态加工方法提供铝基实用合金,其较佳铍含量最好为 5~80 重量%。

另一个目的是提供一种半固态加工法,它不需加热至诸如铍等特定金属所必要之极高液相线温度。

另一个目的是提供一种不需高温真空熔炼的铝—铍合金近似净形状加工法。

另一个目的是提供一种铝铍合金之近似净形状加工法,它在低温下使用非反应性气氛保护铍相防止不良的氧化。

另一个目的是提供一种半固态加工法,它不需要使用剪切力。

本发明另一个目的是提供一种铝合金的改进半固态法,使用 5 至 80 重量%铍粉,不需要完全液态金属的加工。

另一个目的提供是一种可制造含明显量铍的精密净形状铝零件的方法。

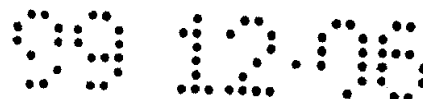
另一个目的提供一种制造含 5 至 80 重量%铍的铝基质合金精密零件的方法。

熟悉本金属的人员在阅读以下的说明,即可明了本发明的其他目的。

发明概述

本发明包括提供实用的含铍铝合金的方法以及制造含显著量铍的净形状铝—铍零件的装置。本发明所用的“净形状”是描述极接近其最终形式的零件,即于最终应用前仅需极少量进一步切削加工的精密铸件。

本说明描述一种分散于液体铝或粉末铝中的固体铍颗粒的新颖用途,用以生产可进行半固态加工的含铍铝合金本发明申请的合金,(及对应零件)密度低于其他已知的铝合金,弹性模量则接近铍,且随



铍含量的增加而增加，它随组成的变化接近于铝的 7.01×10^5 千克/厘米² 和铍的 30.9×10^5 千克/厘米² 的线性组合。

本发明合金可藉常用的锭块冶金法或已知的雾化技术制得。然而，此处所述的方法可于低得多的温度下更简便地将液态或固态的铝与固态颗粒铍结合。添加固态铍粒产生所需混合物并于特定低温下将其分散于液态铝或粉末铝中，这是本发明独家描述且申请的。下表列出各种本发明所制含铍铝合金的性质。

表 I

含铍铝合金性质的比较

Be (重量%)	密度 (千克/厘米 ³)	模量 (10^5 千克/厘米 ²)	E / R h o (厘米 $\times 10^7$)	CTE (/ $^{\circ}$ F $\times 10^{-6}$)
0	0.00271	7.0	26.0	13.1
5	0.00266	8.7	33.1	12.6
10	0.00260	10.3	40.2	12.2
15	0.00255	11.9	47.3	11.7
20	0.00249	13.4	54.3	11.3
25	0.00243	14.8	61.4	10.9
30	0.00241	16.2	68.5	10.5
35	0.00235	17.6	75.6	10.2
40	0.00229	18.8	82.6	9.8
45	0.00226	20.0	89.7	9.5
50	0.00221	21.2	96.8	9.1
62	0.00212	23.8	113.8	8.4
70	0.00207	25.5	125.1	7.9
80	0.00198	27.4	139.2	7.4
90	0.00193	29.2	153.4	6.9
100	0.0186	30.9	167.6	6.4

因为原料是两种粉末的混合物,而该两种粉末在加工期间并无分离的明显倾向,故用本发明方法制得含 1 至 99 重量%铍及其余为铝的合金组合物。

市面上需要弹性系数更高而密度较低的铝基合金。如表 1 所示,得到由一个终端的铝至另一终端铍的连续性质变化。例如,与铝相比,每增加 5%的铍,约产生高 25%的模量。

在一个实施方案中,较佳由液体铍经雾化法制得的球形铍粉与粉状,片状或其他粗分散形状的铝混合。在下列的一些实施例中。采用了熟悉本技术人员所知的气雾化法,制得球形铍粉。本发明的半固态加工法较佳使用雾化铍粉,是因为其球形进行对改善成型时的流动性,且不易磨蚀所用设备表面都有好处。

其他制造铍粉的方法叙述于 Stonehouse 不纯物相分布,铍科学技术,第 1 册,第 182~184 页(1979)中,也参考结合在本发明中。细磨铍粉亦可与球形铍粉一起使用,或取代球形铍粉使用。细磨铍粉一般经由熟悉本技术的人员所知的冲击粉碎法如冷气流法制得。现有技术中有这些及其他粉碎铍粉的标准方法可应用于本发明中。可参见 Marder 轻金属,金属手册,第 9 版,第 7 卷,第 755~763 页(1984);Stonehouse 铍,ASM 国际金属手册,第 10 版,第 2 卷,第 683~687 页(1990)及 Ferrra 岩片状铍粉制法,联合王国原子能管理机构备忘录,第 2 卷,JOWOG22/M20(1984),它们均参考结合本发明中。所有情况下的铍原料皆由 Brush Wellman 提供。

工业纯的铝及铝合金粉在加州 Stockton 的 Valimet 公司有售。适于本发明方法加工的特定铝基合金,包括美国金属学会的合金第 1100,1300,2024,5056,6061,A356 及 A357 号,它们的组成列于 Boyer 和 Gail 的铝合金,ASM 国际金属手册,1985 案头便览版,表 2,第 6~24 及 6~25 页,及表 3,第 6~55 页,这些页的内容也结合于

本发明中。

在较佳实施例中,将球形铍粉与铝片屑混合物加热至仅其铝组份熔化的温度(一般高于 640°C),产生铍颗粒在液体铝中的悬浮液。不需升高到极高温即可得到铝与铍的半固态浆液,而不需在熔融液态金属中引入外剪切力即可达到非树枝状铍相显微结构。这个方法可在保护性气氛,一般为真空环境或非反应性气体(诸如氩,氮或氦)中成功地得以进行。

图2显示了在约 704°C 真空热压铝合金粉及等轴铍粉所制铝—铍合金所需的非树枝状显微结构的显微照片。具有图2结构的合金可用于需要现场固化制造零件的直接工程应用中,亦可再进行通常的金属加工,包括后续的轧制,锻造或挤压。

具有图2结构的合金亦可用作前驱体,进行半固态加工制造净形状零件。图3系显示其显微结构类似图2的铝—铍合金经改进的半固态加工后所需结构的显微照片。图3微结构类似于图2。此种改进的半固态法并不采用于固化引入剪切力。结构类似于图3的触变性混合物,使用经适当改进的挤压或压铸设备进行了模压或压铸。这些方法一般使用的设备类似于塑料用的射压造型机。

通常的半固态加工法分成两个主要操作即(1)产生初始显微结构所需的原料制备步骤,(2)半固态成形步骤。与已知的半固态加工方法不同,本发明揭示的方法不需要原料制备步骤,因为开始使用两种粉末组分加热至高于仅其中一个组分固相线温度可直接而且自动地获得适当的显微结构。

铍在铝中和铝在铍中的端际溶解度都极小。因此,通过本发明半固态加工法触变形成的材料的加工温度低于铝铍合金的液相线温度。故可使用由较不复杂且相当便宜的工程材料来制造所用的设备,因为该设备不需承受熔化铍所需的极高温(高于 1280°C)。所选择的加工温度视浆液中固体材料的体积比例而定。浆液中固体的净量

包括加入的固体铍量加上部分熔化后利下的固体铝组分(若有的话)的量。这种新颖的观念,使得在一般铝制品所用的较低温度下对铝—铍合金进行净形状半固态加工成可能。

有两种众所周知的半固态成型的方法,即(1)触变锻造,它是藉在密闭模中挤压或藉柱塞推入金属模腔中来成型合金工件的;(2)触变铸造,它是将半固态金属藉旋转螺旋进料行程输送到金属模腔中。如下列实施例所示,这两种方法嵌可适用于本发明。

附图说明

图 1 是一张最近的铝—铍相图。

图 2 是表明本发明所制铝铍合金中等轴形态铍相的显微相片。

图 3 是显示其结构类似于图 2 的铝—铍合金在改进的半固态加工后保留的等轴形态铍的显微照片。

图 4 表面由本发明铝—铍合金制成的读/写头组件。

图 5 表示图 4 组件中的净形状,单起动臂。作用于该臂上的力以向量表示。

发明详述

进行了下列的实施例,制得加有铍的铝合金净形件。此种铝—铍合金使用原位(in situ)冷冻法或密闭模锻造法由半固状态制成近似净形件的。这些实施例清楚地证明,添加固态铍的铝基合金的触变成形在不外加剪切力条件下是可行的。

开始试验前,即装置所有环境健康及安全设备,包括辅助的HEPAVAC 通风设备。试验及最后清洁操作期间,皆定期进行空气中尘粒的计数。所有工作人员于试验期间皆穿戴适当的空气滤罩及服装。俄亥俄州 Cleveland 的 Brush Wellman 公司可提供进一步的安全细节。

Thixomolding 是在美国专利第 4,694,881,4,694,882 及 5,040,589 中作了一般描述的半固态模压法。每项专利皆供作本发明

参考。如本发明说明书之背景部分所述,现有技术需要在基本上是液化金属中施加剪切力,以产生必要的非树枝状显微结构。在下述实施例的试验中,所用的 Thixomolding 法的设备进行了改进,但不进行 Thixomolding 法中在液相线金属中施加剪切力以产生非树枝状显微结构的步骤。

实施例 1

Al-Be 合金半固态加工所用的原料

可使用市售纯铝以外的铝基合金提供制造本发明铝—铍合金所用的熔融相,也可用作本发明改进触变的前驱体。选择铝合金需根据其 与铍的相容性。此种相容性之一般特征是不含有会于半固态加工法所用的相当低温度下与铍形成脆性或其它方面有害的金属间化合物的元素。

有数种候选合金符合该相容性的要求,包括美国金属学会的铝合金第 1100,1300,2024,5056,6061,A356 及 A357 号。可参照 Boyer 铝合金,ASM 国际金属手册,1985 案头便览,第 6~24,6~25 及 6~55 页。此类合金的组成列于表 II。

表 II
所选用铝合金的标称组成

合金	元素			
<u>AA No.</u>	<u>Si</u>	<u>Mg</u>	<u>Cu</u>	<u>Cr</u>
1100	— —	— —	0.12	— —
6061	0.6	1.0	0.3	0.2
5056	— —	5.0	— —	0.1
1350	— —	— —	— —	— —
A356	7.0	0.3	— —	— —
A357	7.0	0.5	— —	— —

例如,铝合金粉末第 6061 号(肯塔基州 Louisville 和 Reynolds 铝公司所售)与 Brush Wellman 所提供的冲击式粉碎的等轴铍粉混合。形成混合物在高于第 6061 号合金的固相线(约 645℃)但大幅度低于铍熔点的温度下进行热等静压压制。

所形成的材料(例如)用作改进 Thixomolding 法的进料,产生精密零件。此原料所用的加工温度介于 645℃及 700℃之间,故仅有其中的熔化。

如表 II 所示,第 6061 号铝合金含有镁、铜及铬,在通常的完全熔融加工中所需的高温下加工时,它们都各形成有害的铍金属间化合物(Ashurst, Structure and Properties of I/M AlBe Alloys, ASM-Sponsored Aeromat, Long Beach, California, May 1991)。此种用于得到富含液状铝相的相当低的加工温度则避免形成有害的化合物,因而容许有较大的合金能力范围。

实施例 2

供常规处理前驱体的制备

本发明的改进半固态加工法可用于制造还要进行常规冶金处理所用的前驱体(precursor)材料。如实例 1 所示,铝粉或诸如合金 6061 等铝基合金粉末与铍混合,在高于铝合金固相线但低于铍熔点的温度范围内真空热压。此种半固态固结步骤的产物系密闭模锻造净形件所用的坯料。

也可使用开式模锻造,视制造方法的经济特征。这种部件的锻造是在低于铝合金固相线的温度下进行,产生一个常规加工的净形状成品部件。

实施例 3

半固态加工用前驱体的制备

本发明改进的半固态加工法亦可用于制造半固态加工用之前驱体材料。将铝粉或诸如合金 6061 等铝基合金粉末和铍混合,然后在

高于铝合金固相线但低于铍熔点之温度范围内进行真空热压,如实施例 1 及 2 所示。

这种半固态固结步骤的产物是坯料形式,可供封闭模锻造净型件之用。此类型件较佳是在高于铝合金固相线的温度范围内锻造,产生一个经半固态加工的净形状或成品部件。然而应该知道,此最终锻造步骤的温度可高于或低于铝合金的液相线温度,以调整最终步骤中材料中固体所占的总分数。固体总分数包括铍的分数以及铝合金固体(若存在的话)。

实施例 4

密闭模锻造所用前驱体材料的制备

图 2 是按本发明方法在 645°C 及 700°C 间的温度下真空热压铝粉及等轴铍粉所制得的铝-铍合金的显微照片,显示了所需的非树枝状显微结构。得到这种非树枝状结构,凝固前无需施加剪切力(如搅拌)。图 2 所示结构的合金可用于现场凝固制造部件之工程应用中,亦可再进行通常的金属加工,包括后续的轧制,锻造或挤压。

图 2 所示的非树枝状显微结构是真空热压商业纯铝粉及铍粉之后,原位固化含 40% 铍铝合金得到的。该铝粉购自肯塔基州 Louisville 的 Reynolds 铝公司,而铍粉可购自麻萨诸塞州 West Concord 的核金属工业公司。

60 重量%商业纯铝粉(-400 目)及 40 重量%雾化法铍粉(-50 目)的混合物于 704°C 真空加热,施加压力压实该半固态物质。因为在整个过程中,第二相(铍)一直保持固相,故不需施加剪切力即可达到非树枝状结构。

或者,该粉末混合物可在低于铝固相线之温度(约 645°C)进行固结,此时铝不熔化。在低于固相线温度固结所得的非树枝状结构类似图 2 所示之显微结构。它们的合金充作半固态加工用的前驱体,如同下例所述。

实施例 5

密闭模锻造

图 2 所示结构亦可充作产生净型件半固态加工用的前驱体。图 3 是铝-铍合金经半固态加工后得到所需结构的显微照片。此法不采用凝固前的剪切力加工(如搅拌)。结构类似图 3 的触变性混合物再使用经适当改进的挤压或模铸设备进行挤压或模铸。此类方法一般在相同于塑料射压造型所用的装置中进行。

图 3 显示,即使在半固态锻造后,按实施例 4 所述过程制得的铝-铍合金的非树枝显微结构仍保留下来。如同实施例 4 的方法,半固态锻造不需要外来剪切力。

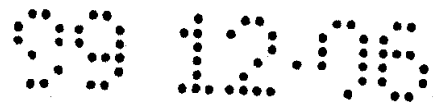
由一些方法象实施例 4 所述过程制得的前驱体经切削加工制得固态 Al-Be 坯料。具体地说,本实施例所用的前驱体的制法是在低于铝固相线的 621°C ,将 40 重量%的铍粉(-325 目)和 60 重量%的商业纯铝粉(-400 目)的混合物进行固结。铍粉购自 Bursh Wellman,而铝粉则购自 Reynolds 铝公司。

将坯料接着于炉中加热至半固态区温度(约 704°C)。将以预热之坯料使用火钳送入模具中,然后注入密闭模腔中,令其固化。图 3 表明了经此射压/锻造程序后形成的显微结构。因为铍在全部加工过程中一直保持固态,故加工过程不会改变铍相的大小及形状。也使用了本实施例的方法锻造了含有薄壁部分的零件,但用的是为薄壁部分所设计的模具。

实施例 6

通过铸造制备前驱体材料之方法

将等轴铍粉添加于熔融铝,其中使用了铝熔剂防止氧化。于铝熔体中添加了高达 40 重量%的铍。熔体于原位固化。因为添加的是等轴形状的固态铍粉且未改变其形状,故未用剪切力即形成了非树枝状结构。



所得结构的合金可用于需要现场固化来制造部件的工程应用中，亦可再进行通常的金属加工，包括后续轧制，锻造或挤压。所得结构的合金亦可用作制造净型件半固态加工的前驱体。

实施例 7

铝合金之半固态加工法

此例说明使用混合粉末经改进的半固态加工，随后热等静压制达到完全密致，并用通常的锻造成形制出某种部件。

将铝粉与 40 重量%铍粉混合，置入真空热压模中。在约 650°C 及 70.3 千克/厘米² (1000psi) 压力下，进行真空热压使密度达到理论值之 95% (5% 孔隙度)。

将真空热压出的坯料置入一热等静压机中，在约 600°C ， 1054 千克/厘米² (15ksi) 压力下压到完全密致。这样制得的坯料在保持完全固体之温度 (例如，约 600°C) 下锻造，然后可切割加工成具有类似表 I 所列性质迫害最终部件。

也可对混合粉末进行改进的半固态加工，然后热等压及半固态锻造达到充分致密度并成形制得部件。在约 650°C 及 70.3 千克/厘米² (1000psi) 条件下真空热压可将密度增至理论值的 95% (5 百分比孔隙度)。将所得坯料在约 704°C 于半固体状态下锻造成近似形状的部件，其性质与表 I 所列的相似。

藉真空热压及热等压压制或其他粉末固结法制得的含铍铝锻造预成型毛坯再于随随后的半固态加工操作中进一步加工，这些半固态加工包括触变锻造，触变铸造及触变 (半固态) 挤压。

实施例 8

对照试验完全固态法

首先，将元素铝与铍一起熔化，然后形成 Al-Be 粉末，通过完全固态的热轧。在另一方法中，将铍粉和另外形成的铝粉混合，也通过完全固态的热轧。两法中，皆使用第 1100 号与 20 重量%的铍粉，经挤压且后续轧制

成板。于轧制状态及释除应力状态下进行拉伸试验。其数据与预合金化及雾化(与元素状态混合者不同)粉末来源材料之性质在两个热处理条件下比较。结果列于下表III。

表 III					
铝-铍合金的抗张强度					
加工方法	条件(HT)	屈服强度 (10^2 千克/ 厘米 ²)	极限抗拉强度 (10^2 千克/ 厘米 ²)	伸长 (%)	弹性模量 (10^5 千克/ 厘米 ²)
预合金	轧制状态	17.9	22.0	14.8	10.4
雾化法	释除应力状态	12.8	18.1	11.6	8.2
粉末混合	轧制状态	13.0	14.2	3.6	8.2
	释除应力状态	7.0	12.6	14.9	—

元素混合粉末板的强度显著地低于预合金雾化法粉末板。元素混合材料板的弹性系数值也显然低于预合金雾化法材料板。这就证明,若不使用半固态加工步骤,通过混合元素粉末无法达到该材料所需的性质。

此实施例证明,仅仅是靠掺和铝粉及铍粉,然后固结和轧压,并不足以得到所需的性质。故本发明改进的半固态法是需要。

实施例 9

可用的结构产品

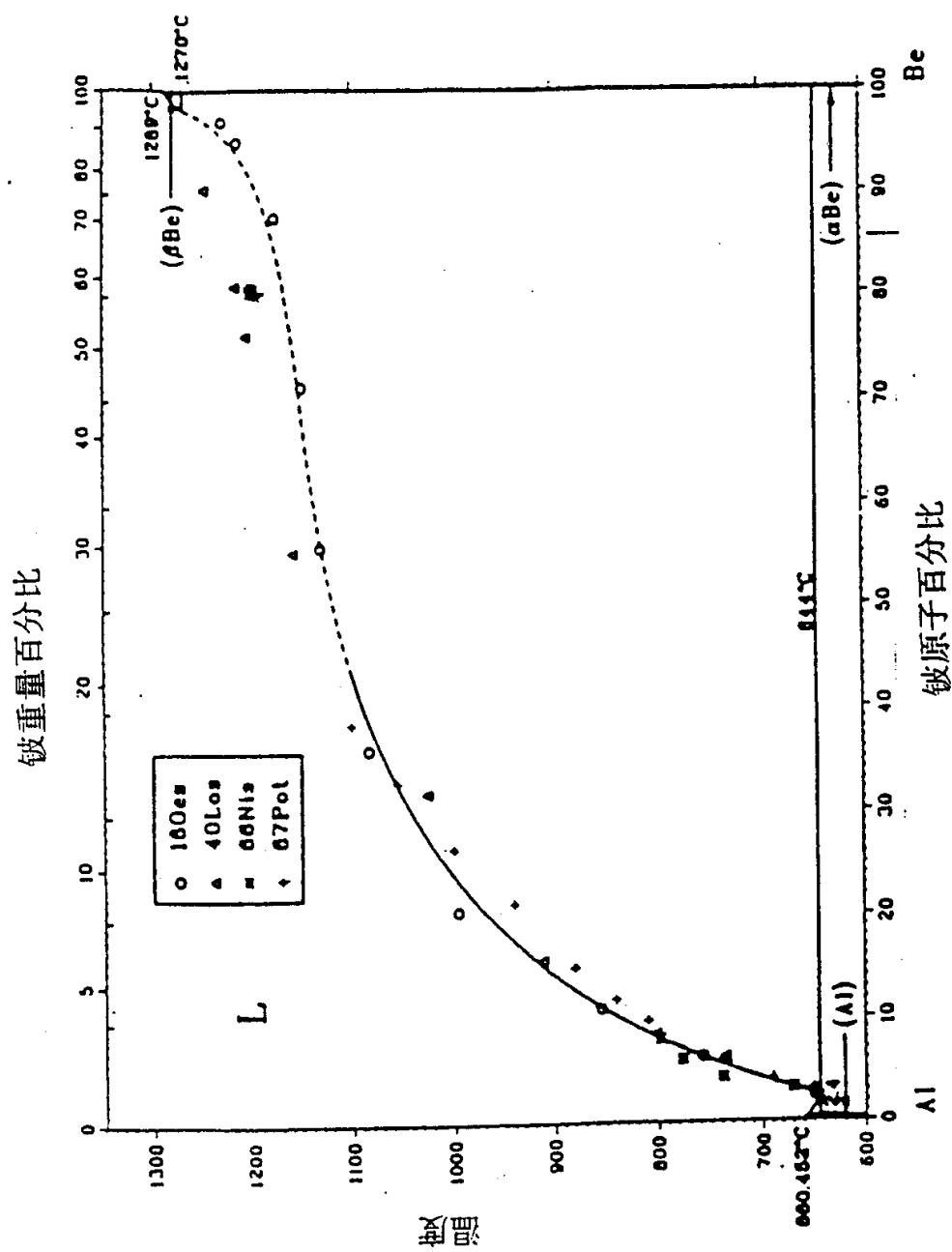
用本发明合金所制产品之例子有(但不限于此):磁盘驱动器用的起动臂,涡轮叶片,航空电子箱及航空器外壳。

图 4 及 5 表示了一个起动器的可旋转臂组,它有一个轴腔使臂组围绕磁盘驱动器轴旋转,以便将读写头沿磁盘的径向定位,其中的臂组是由主要含有约 1 至 99 重量%铍,余为铝的含铍铝合金制成的一个单件。

图4具体地表示硬盘驱动的读写组件,它有许多个读写头12安装在起动器的臂14上。读写头12和起动器臂14一起组装在起动器轴16上,后者是通过线圈18与置于磁铁罩22中的磁铁20之间的作用而旋转的。起动器臂14用弹簧支承在磁盘上(当磁盘静止不动时)。磁盘旋转时,在读写头12下方会有空气压力形成,使起动器臂略微向上提升至高于磁盘的位置。

起动器臂14会受到垂直力24及角作用力26的作用。起动器臂14应有充分刚性,使垂直振动之振幅减至最小,并避免损伤起动器臂14上方及下方的磁盘。同样地,起动器臂14还应有充分的刚性,使横向振动的振幅减至最小,为磁盘上按适当地址进行读写提供更快速的反应时间。采用叠层材料,可使垂直方向上的挠曲减至最少。本发明制成的铝铍合金中的铍相的等轴形态可有效地将垂直及横向两个方向上的挠曲同时减至最小。

阅毕本说明书后,可明了本发明的各种修改及变化。而此种变化及增加皆应包括于下列权利要求书所界定的本发明范围及精神之内。



1
[X]



图 2 200x

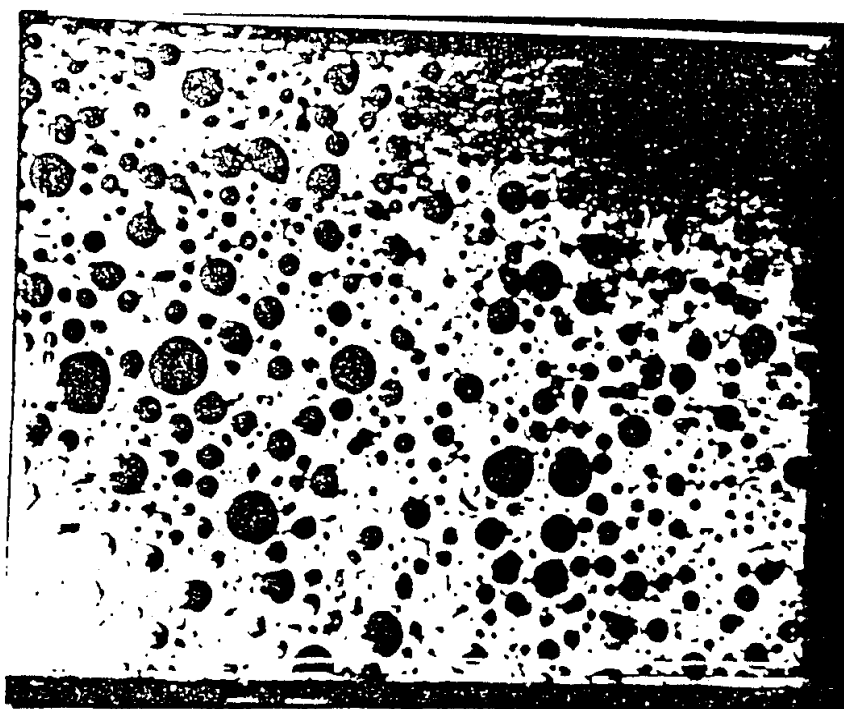


图 3 200x

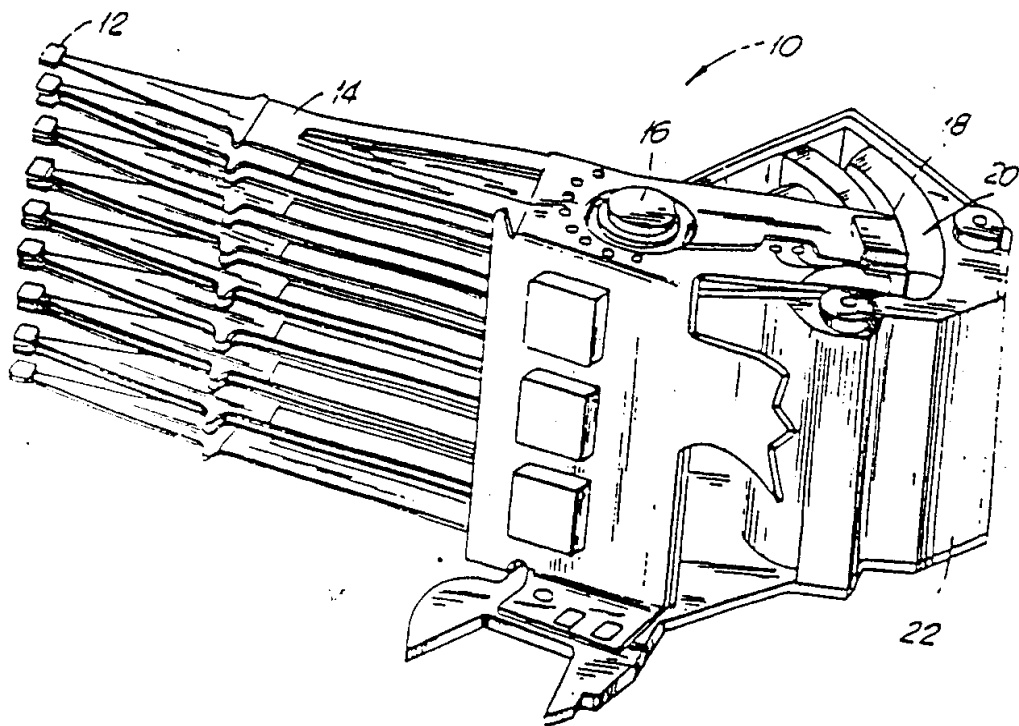


图 4

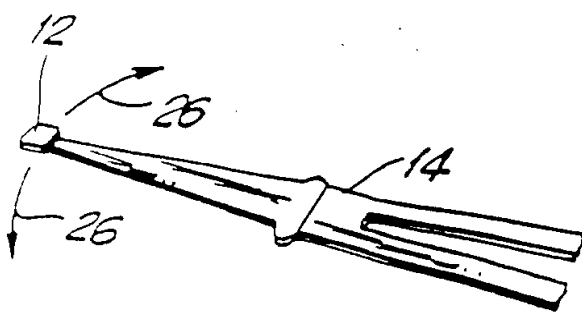


图 5