



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112962005 A

(43) 申请公布日 2021.06.15

(21) 申请号 202110142029.3 *G22C 21/08* (2006.01)
(22) 申请日 2021.02.02 *G22C 21/10* (2006.01)
(71) 申请人 苏州大学 *G22F 1/043* (2006.01)
地址 215000 江苏省苏州市十梓街1号 *G22F 1/047* (2006.01)
申请人 广东澳美铝业有限公司 *G22F 1/057* (2006.01)
G22F 1/04 (2006.01)
(72) 发明人 秦简 于承斌 长海博文 林廷鑑 *G22F 1/053* (2006.01)
王林生 谭兴元 周晶哲
(74) 专利代理机构 佛山东平知识产权事务所
(普通合伙) 44307
代理人 龙孟华

(51) Int. Cl.
G22C 21/02 (2006.01)
G22C 21/16 (2006.01)
G22C 21/18 (2006.01)
G22C 21/00 (2006.01)

权利要求书1页 说明书8页

(54) 发明名称

一种高强高导热铝合金制备方法

(57) 摘要

本发明公开一种高强高导热铝合金制备方法,包括以下步骤:对经过均匀化热处理和表面清洁处理的铝合金铸锭进行热挤压初成形制备坯料、固溶、淬火、中/低温终成形制得最终产品,然后对最终产品进行短时人工时效处理;其特征在于,所述热挤压初成形的挤压出口温度为500℃~580℃,所述中/低温终成形的加工温度范围为5℃~150℃,所述坯料与最终产品的横截面积之比为1.30~1.05:1.00,所述短时人工时效处理的温度为150℃~200℃,时间为0.5~6h。本发明实现了铝合金的材料强度、延伸率与导热性能的兼顾,最终得到高性能的铝合金产品。

1. 一种高强高导热铝合金制备方法,包括以下步骤:对经过均匀化热处理和表面清洁处理的铝合金铸锭进行热挤压初成形制备坯料、固溶、淬火、中/低温终成形制得最终产品,然后对最终产品进行短时人工时效处理;其特征在于,所述热挤压初成形的挤压出口温度为 $500^{\circ}\text{C}\sim 580^{\circ}\text{C}$,所述中/低温终成形的加工温度范围为 $5^{\circ}\text{C}\sim 150^{\circ}\text{C}$,所述坯料与最终产品的横截面积之比为 $1.30\sim 1.05:1.00$,所述短时人工时效处理的温度为 $150^{\circ}\text{C}\sim 200^{\circ}\text{C}$,时间为 $0.5\sim 6\text{h}$ 。

2. 根据权利要求1所述的一种高强高导热铝合金制备方法,其特征在于:所述铝合金铸锭为6系铝合金,含有Si、Mg、以及Fe、Cu、Mn、Cr、Ni、Zn、Ti中的若干种;所述铝合金铸锭中各个元素的质量百分比在以下范围内:Si $0.3\sim 1.2\%$ 、Fe $0\sim 0.3\%$ 、Cu $0\sim 1.0\%$ 、Mn $0\sim 1.0\%$ 、Mg $0.3\sim 1.3\%$ 、Cr $0\sim 0.3\%$ 、Ni $0\sim 0.2\%$ 、Zn $0\sim 1.0\%$ 、Ti $0\sim 0.1\%$,剩余含量为铝和不可控杂质。

3. 根据权利要求1所述的一种高强高导热铝合金制备方法,其特征在于:热挤压初成形制得的坯料为管材、棒材、板材、线材或型材。

4. 根据权利要求1所述的一种高强高导热铝合金制备方法,其特征在于:热挤压初成形制备坯料的出口冷却方式包括空气自然冷却、在线风冷、在线水冷、水雾冷却中的一种或几种。

5. 根据权利要求1所述的一种高强高导热铝合金制备方法,其特征在于:固溶处理的温度范围为 $500\sim 580^{\circ}\text{C}$,时间为 $0.5\sim 2\text{h}$ 。

6. 根据权利要求1所述的一种高强高导热铝合金制备方法,其特征在于:固溶处理结束后的淬火转移时间为 $0\sim 30\text{s}$,淬火方式包括水淬、风淬、油淬中的一种或几种。

7. 根据权利要求1所述的一种高强高导热铝合金制备方法,其特征在于:中/低温终成形的工艺为锻压、冲压、挤压或拉拔。

8. 根据权利要求1所述的一种高强高导热铝合金制备方法,其特征在于:中/低温终成形结束后的冷却方式为空气自然冷却、风冷、水淬中的一种或几种。

9. 根据权利要求1所述的一种高强高导热铝合金制备方法,其特征在于:淬火与中/低温终成形的时间间隔为 $0\sim 48\text{h}$ 。

10. 根据权利要求1所述的一种高强高导热铝合金制备方法,其特征在于:中/低温终成形与短时人工时效的时间间隔为 $0\sim 48\text{h}$ 。

一种高强高导热铝合金制备方法

技术领域

[0001] 本发明属于铝合金材料领域,具体涉及一种高强高导热铝合金制备方法。

背景技术

[0002] 由于具有轻质、环保、高比强度等优异性能,铝合金被大量应用于交通运输、建筑结构等领域。此外,铝及铝合金还具有优异的导电导热性能。上述优点使得高强高导热铝合金在输电线路、通讯产品和设备(如5G基站零部件、手机中板和外壳等)、机械发动机配件、照明灯具及支架、工业润滑油站换热器等部位被广泛应用。

[0003] 根据生产工艺的不同,高强高导热铝合金产品大致可归类为压铸件、石墨烯铝基复合材料以及变形件。目前的产品很大程度上采用了压铸工艺,与变形铝合金生产工艺相比,压铸工艺非常适合形状较为复杂的导热零部件,并且其生产流程短、效率高。然而,压铸产品组织气孔率高,并且随着零部件尺寸增大,充型难度显著增加;再者,受合金成分和工艺特点所限,高Si含量的压铸件的机械性能和导热性能与变形铝合金仍有一定差距。如一篇中国公开号为CN111270110A的发明专利申请对一种亚共晶成分的铸造铝合金进行精炼处理,依靠添加Al-B中间合金去除Mn、Cr、V、Ti等有害杂质,明显改善了压铸件的导热率,但其导热率和断后延伸率仍然达不到 $200\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ 和5%,无法满足许多场合对材料性能的要求,需要寻求更多的高性能材料和制备工艺。石墨烯铝基复合材料近些年引起了人们的极大兴趣,这源于其极高的导热率和足够的强度。该工艺方法也有其局限性,例如石墨烯片层与铝的均匀混合问题、相间脆性 Al_4C_3 反应物的避免、大尺寸规模量产的问题等等。一篇公开号为CN110983088A的中国发明专利申请采用高温烧结法制备了直径50mm的毛坯并经挤压得到导热率超过 $300\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ 、屈服强度超过200MPa的产品。但是其制备工艺苛刻,需要在高温高压环境下烧结;此外,其毛坯尺寸尚无法满足大规格尺寸棒、型材的需求;再者,高达 600°C 的烧结环境是否会产生脆性 Al_4C_3 反应物仍需要进一步鉴定。变形铝合金零部件是另一种广泛应用的高强高导热产品,目前旨在提升其导热率的方法乏善可陈,主要是采用单级/多级过时效工艺,例如中国公开号为CN111560574A、CN111809088A等发明专利申请所述,这类方法虽然可以明显提升热导率,但是会不可避免地造成强度损失,无法实现“高导热”和“高强度”的兼得。

[0004] 针对目前现状,如何在生产工艺—材料组织—产品性能之间探求规律,调和材料强度和导热性能的矛盾并依此来制备高强高导热综合性能的产品是目前材料研究工作者的一大挑战。

发明内容

[0005] 本发明的目的在于提供一种高强高导热铝合金制备方法,该方法可以获得一种机械强度高、导热性能优良的变形铝合金材料。

[0006] 为达到以上目的,本发明采用如下技术方案。

[0007] 一种高强高导热铝合金制备方法,包括以下步骤:对经过均匀化热处理和表面清

洁处理的铝合金铸锭进行热挤压初成形制备坯料、固溶、淬火、中/低温终成形制得最终产品,然后对最终产品进行短时人工时效处理;其特征在于,所述热挤压初成形的挤压出口温度为 $500^{\circ}\text{C}\sim 580^{\circ}\text{C}$,所述中/低温终成形的加工温度范围为 $5^{\circ}\text{C}\sim 150^{\circ}\text{C}$,所述坯料与最终产品的横截面积之比为 $1.30\sim 1.05:1.00$,所述短时人工时效处理的温度为 $150^{\circ}\text{C}\sim 200^{\circ}\text{C}$,时间为 $0.5\sim 6\text{h}$ 。

[0008] 本发明中,所述高强高导热铝合金制备方法主要针对于合金熔炼铸造和均匀化后续的工艺处理,不涉及合金的成分调配以及均匀化热处理参数调控,所述的均匀化热处理为合理的常规热处理即可。

[0009] 本发明中,所述铝合金铸锭为6系铝合金,含有Si、Mg、以及Fe、Cu、Mn、Cr、Ni、Zn、Ti中的若干种;所述铝合金铸锭中各个元素的质量百分比在以下范围内:Si $0.3\sim 1.2\%$ 、Fe $0\sim 0.3\%$ 、Cu $0\sim 1.0\%$ 、Mn $0\sim 1.0\%$ 、Mg $0.3\sim 1.3\%$ 、Cr $0\sim 0.3\%$ 、Ni $0\sim 0.2\%$ 、Zn $0\sim 1.0\%$ 、Ti $0\sim 0.1\%$,剩余含量为铝和不可控杂质。

[0010] 本发明中,所述热挤压初成形,成形坯料包括但不限于管材、棒材、板材、线材、型材等。

[0011] 本发明中,所述热挤压初成形,挤压出口温度优选为 550°C 。

[0012] 本发明中,所述热挤压初成形,成形坯料与所需最终产品的横截面积之比优选为 $1.15:1.00$ 。

[0013] 本发明中,所述热挤压初成形坯料与所需最终产品的横截面积,均指垂直于热挤压方向的截面面积。

[0014] 本发明中,所述热挤压初成形,热挤压出口冷却方式包括但不限于空气自然冷却、在线风冷、在线水雾冷却等方式,优选的,采用在线风冷。

[0015] 本发明中,所述固溶的温度范围为 $500\sim 580^{\circ}\text{C}$,时间为 $0.5\sim 2\text{h}$ 。优选的,固溶处理的温度为 550°C ,时间为 1.0h 。

[0016] 本发明中,所述的固溶、淬火处理,固溶处理结束后的淬火转移时间在 30s 以内,冷却方式包括但不限于采用水淬、风淬以及油淬等方式。优选的,淬火转移时间 5s 以内,采用水淬方式。

[0017] 本发明中,所述的中/低温终成形,根据最终产品的形状特点可采用的工艺包括但不限于锻压、冲压、挤压、拉拔等加工方式。

[0018] 本发明中,所述的中/低温终成形加工温度优选为 $5^{\circ}\text{C}\sim 100^{\circ}\text{C}$,进一步优选的,温度为 25°C 。

[0019] 本发明中,所述的中/低温终成形结束后的冷却方式包括但不限于空气自然冷却、风冷、水淬等冷却方式,优选的,冷却方式采用空气自然冷却。

[0020] 本发明中,固溶、淬火与中/低温终成形的时间间隔为 $0\sim 48\text{h}$ 。优选的,时间间隔为 $0\sim 24\text{h}$,进一步优选的,时间间隔为 $0\sim 2\text{h}$ 。

[0021] 本发明中,所述短时人工时效温度优选为 180°C ,时间优选为 4h 。

[0022] 本发明中,中/低温终成形与短时人工时效的时间间隔为 $0\sim 48\text{h}$ 。优选的,时间间隔为 $0\sim 24\text{h}$,进一步优选的,时间间隔为 $0\sim 2\text{h}$ 。

[0023] 本发明中,所述的热挤压初步成形、固溶淬火、中/低温终成形、短时人工时效依次进行。

[0024] 本发明的有益效果是：创造性地提出了单相组织的中/低温变形搭配短时效工艺，采用热、冷分步变形技术和强化热处理工艺的穿插与结合，克服了现有的“高强”与“高导热”相矛盾的技术难题。具体表现为：1) 本发明特有的工艺优点改变了时效析出相的晶体结构从而大幅度避免了传统时效析出相对导热性能的损害；2) 调控后的变形组织大大提升了时效强化相的析出动力，大幅缩短了生产周期。3) 改善了现有材料强化机理的单一性，实现了时效强化、晶界强化与位错强化协同作用，从而保证了材料的强度；4) 通过变形制度与热处理工艺的科学性结合，实现了材料强度与导热性能的兼顾，最终得到高性能的铝合金产品。

具体实施方式

[0025] 下面对本发明的具体实施方式作进一步的描述，使本发明的技术方案及其有益效果更加清楚、明确。下面描述实施例是示例性的，旨在解释本发明，而不能理解为对本发明的限制。

[0026] 本发明的附加方面和优点将在下面的描述部分中变得明显，或通过本发明的实践了解到。

[0027] 实施例一

[0028] Φ 90mm的6063合金铸棒，按质量百分比，其成分为：Si 0.35%、Mg 0.45%、Fe 0.13%、Mn 0.08%、Ti 0.02%、V 0.02%、Al 98.9%，其它元素（不可避免的杂质）之和 \leq 0.1%。

[0029] 一种高强高导热铝合金及其制备方法，步骤如下：将常规 Φ 90mm的6063铝合金铸棒置于均质加热炉内570℃保温6小时，出炉后强风冷却；铸棒表面剥皮；将剥皮处理的铸锭热挤压得到板材毛坯，挤压出口温度550℃并在线风冷。对热挤压的板材进行550℃固溶1h后在5s以内水淬处理。淬火结束后在2h以内对板材进行室温（25℃）冲压，得到手机外壳，冲压前后的横截面积之比约为1.15:1.00。冲压结束后在2h以内对其进行180℃ \times 4h的时效处理。最终得到高强高导热铝合金产品。

[0030] 实施例二

[0031] 将实施例一中，冲压前后的横截面积之比改为1.30:1.00，其余不变，得到高强高导热铝合金。

[0032] 实施例三

[0033] 将实施例一中，冲压前后的横截面积之比改为1.05:1.00，其余不变，得到高强高导热铝合金。

[0034] 实施例四

[0035] 将实施例一中，挤压出口温度改为500℃，其余不变，得到高强高导热铝合金。

[0036] 实施例五

[0037] 将实施例一中，挤压出口温度改为580℃，其余不变，得到高强高导热铝合金。

[0038] 实施例六

[0039] 将实施例一中，固溶温度改为500℃，其余不变，得到高强高导热铝合金。

[0040] 实施例七

[0041] 将实施例一中，固溶温度改为580℃，其余不变，得到高强高导热铝合金。

[0042] 实施例八

[0043] 将实施例一中,固溶时间改为0.5h,其余不变,得到高强高导热铝合金。

[0044] 实施例九

[0045] 将实施例一中,固溶时间改为2h,其余不变,得到高强高导热铝合金。

[0046] 实施例十

[0047] 将实施例一中,固溶、淬火转移时间改为30s,其余不变,得到高强高导热铝合金。

[0048] 实施例十一

[0049] 将实施例一中,冲压温度改为5℃,其余不变,得到高强高导热铝合金。

[0050] 实施例十二

[0051] 将实施例一中,冲压温度改为150℃,其余不变,得到高强高导热铝合金。

[0052] 实施例十三

[0053] 将实施例一中,固溶、淬火与室温冲压之间的时间间隔为48h,其余不变,得到高强高导热铝合金。

[0054] 实施例十四

[0055] 将实施例一中,时效温度改为150℃,其余不变,得到高强高导热铝合金。

[0056] 实施例十五

[0057] 将实施例一中,时效温度改为200℃,其余不变,得到高强高导热铝合金。

[0058] 实施例十六

[0059] 将实施例一中,时效时间改为0.5h,其余不变,得到高强高导热铝合金。

[0060] 实施例十七

[0061] 将实施例一中,时效时间改为6h,其余不变,得到高强高导热铝合金。

[0062] 实施例十八

[0063] 将实施例一中,冲压与时效的时间间隔改为48h,其余不变,得到高强高导热铝合金。

[0064] 实施例十九

[0065] $\Phi 102\text{mm}$ 的6063合金铸棒,按质量百分比,其成分为:Si 0.35%、Mg 0.45%、Fe 0.13%、Mn 0.08%、Ti 0.02%、V 0.02%、Al 98.9%,其它元素(不可避免的杂质)之和 $\leq 0.1\%$ 。

[0066] 一种高强高导热铝合金及其制备方法,步骤如下:将常规 $\Phi 102\text{mm}$ 的6063铝合金铸棒置于均质加热炉内570℃保温6小时,出炉后强风冷却;铸棒表面剥皮;将剥皮处理的铸锭热挤压得到管材毛坯,挤压出口温度550℃然后在线风冷。对热挤压的管材置于550℃固溶1h后在5s以内水淬处理。淬火结束后在2h以内对管材进行室温模锻,得到三角形管材照明支架,模锻前后的横截面积之比约为1.15:1.00。模锻结束后在2h以内对其进行180℃ \times 4h的时效处理。最终得到高强高导热铝合金产品。

[0067] 实施例二十

[0068] $\Phi 80\text{mm}$ 的6063合金铸棒,按质量百分比,其成分为:Si 0.35%、Mg 0.45%、Fe 0.13%、Mn 0.08%、Ti 0.02%、V 0.02%、Al 98.9%,其它元素(不可避免的杂质)之和 $\leq 0.1\%$ 。

[0069] 一种高强高导热铝合金及其制备方法,步骤如下:将常规 $\Phi 80\text{mm}$ 的6063铝合金铸

棒置于均质加热炉内570℃保温6小时,出炉后强风冷却;铸棒表面剥皮;将剥皮处理的铸锭热挤压为外径15mm的线材,挤压出口温度550℃并在线风冷。550℃固溶1h后在5s以内水淬处理。淬火结束后在2h以内进行室温拉伸至直径14mm,拉伸前后的横截面积之比约为1.15:1.00。拉伸结束后在2h以内进行180℃×4h的时效处理。最终得到高强高导热铝合金输电电缆线材。

[0070] 实施例二十一

[0071] Φ 124mm的6063合金铸棒,按质量百分比,其成分为:Si 0.35%、Mg 0.45%、Fe 0.13%、Mn 0.08%、Ti 0.02%、V 0.02%、Al 98.9%,其它元素(不可避免的杂质)之和 \leq 0.1%。

[0072] 一种高强高导热铝合金及其制备方法,步骤如下:将常规 Φ 124mm的6063铝合金铸棒置于均质加热炉内570℃保温6小时,出炉后强风冷却;铸棒表面剥皮;将剥皮处理的铸锭热挤压为外径200mm、壁厚10mm的管材,挤压出口温度550℃并在线风冷。550℃固溶1h后在5s以内水淬处理。淬火结束后在2h以内进行室温拉拔至外径180mm、壁厚9.5mm,拉伸前后的横截面积之比约为1.15:1.00。拉拔结束后在2h以内进行180℃×4h的时效处理。最终得到高强高导热铝合金管式外壳,用于机械设备润滑油站换热器。

[0073] 实施例二十二

[0074] Φ 124mm的铝合金铸棒,按质量百分比,其成分为:Si 1.10%、Mg 1.0%、Cu 0.4%、Fe 0.13%、Mn 0.45%、Ti 0.02%、Al 98.9%,其它元素(不可避免的杂质)之和 \leq 0.1%。

[0075] 一种高强高导热铝合金及其制备方法,步骤如下:将常规 Φ 124mm的铝合金铸棒置于均质加热炉内570℃保温8小时,出炉后强风冷却;铸棒表面剥皮;将剥皮处理的铸锭热挤压为外径200mm、壁厚10mm的管材,挤压出口温度550℃并在线风冷。550℃固溶1h后在5s以内水淬处理。淬火结束后在2h以内进行室温拉拔至外径180mm、壁厚9.5mm,拉伸前后的横截面积之比约为1.15:1.00。拉拔结束后在2h以内进行180℃×4h的时效处理。最终得到高强高导热铝合金管式外壳,用于机械设备润滑油站换热器。

[0076] 对比例一

[0077] 将实施例一中,冲压前后的横截面积之比改为1.01:1.00,其余不变,得到对比的铝合金材料。

[0078] 对比例二

[0079] 将实施例一中,冲压前后的横截面积之比改为1.40:1.00,其余不变,得到对比的铝合金材料。

[0080] 对比例三

[0081] 将实施例一中,冲压温度改为-10℃,其余不变,得到对比的铝合金材料。

[0082] 对比例四

[0083] 将实施例一中,冲压温度改为250℃,其余不变,得到对比的铝合金材料。

[0084] 对比例五

[0085] Φ 90mm的6063合金铸棒,按质量百分比,其成分为:Si 0.35%、Mg 0.45%、Fe 0.13%、Mn 0.08%、Ti 0.02%、V 0.02%、Al 98.9%,其它元素(不可避免的杂质)之和 \leq 0.1%。

[0086] 一种高强高导热铝合金及其制备方法,步骤如下:将常规 $\Phi 90\text{mm}$ 的6063铝合金铸棒置于均质加热炉内 570°C 保温6小时,出炉后强风冷却;铸棒表面剥皮;采用目前常规的热挤压+CNC法:将剥皮处理的铸锭热挤压得到板材毛坯,对毛坯进行机加工得到手机外壳。对机加工后的外壳进行 550°C 固溶1h后在5s以内水淬处理。淬火结束后在2h以内对其进行 $180^{\circ}\text{C} \times 8\text{h}$ 的时效处理。最终得到对比的铝合金产品。

[0087] 实施例、对比例中最终成形的产品的屈服强度、延伸率和导热系数指标见表1,性能检测为常规检测技术,采用拉伸实验机和热导率仪进行机械性能检测和导热率检测。

[0088] 表1实施例、对比例中的测试数据

实施例和对比例	$\sigma_{0.2}/\text{MPa}$	$\delta/\%$	$\lambda/\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
实施例一	250	8	226
实施例二	255	7	215
实施例三	245	9	221
实施例四	235	7	225
实施例五	230	7	220
实施例六	236	7.5	220
实施例七	228	7	221
实施例八	225	8	222
实施例九	248	8	223
实施例十	230	8.5	224
实施例十一	245	7.5	225
实施例十二	240	8	225
实施例十三	226	8.5	220
实施例十四	224	9.5	210
实施例十五	222	8	226
实施例十六	220	8.5	212
实施例十七	247	8	225
实施例十八	228	7.6	221
实施例十九	252	8	225

实施例二十	249	8	227
实施例二十一	248	8	226
实施例二十二	395	7	205
对比例一	223	10.2	190
对比例二	245	4	216
对比例三	247	6.2	219
对比例四	196	8.2	227
对比例五	228	11	188

[0089] 注：表1中斜体加粗标红的数值代表性能较差或不达标。

[0090] 结合表1可以看出：实施例一至十八为6063铝合金手机壳的实施例，实施例一的产品在满足延伸率的前提下，能同时达到高强度和高热导率，是综合性能最优的工艺产品；实施例十九至二十一分别是6063合金经过中/低温变形得到的照明灯支架、输电线缆和油站换热器壁壳，类似于实施例一中的冲压手机壳产品，综合性能均比较优良。实施例二十二和其它牌号的6系铝合金材料，该成分合金的换热器外壳延伸率达标，同时强度极高、热导率性能极佳。对比例一至五均超出了本发明专利保护范围，性能较差，均存在某项指标不达标的情形。

[0091] 通过上述原理的描述，所属技术领域的技术人员应当理解，本发明不局限于上述的具体实施方式，在本发明基础上采用本领域公知技术的改进和替代均落在本发明的保护范围，本发明的保护范围应由各权利要求项及其等同物限定之。具体实施方式中未阐述的部分均为现有技术或公知常识。