(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 119343472 A
(43)申请公布日 2025.01.21

(21)申请号 202380045873.1
(22)申请日 2023.05.22
(30)优先权数据
63/344,968 2022.05.23 US
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2024.12.09
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2023/023056 2023.05.22
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2023/229968 EN 2023.11.30
(71)申请人 奥科宁克技术有限责任公司
地址 美国宾夕法尼亚州
(72)发明人 K·A·库贝纳 H·宗克 W·王 C·亚纳尔
(74)专利代理机构 北京市联德律师事务所 11361
专利代理师 黄大正 张来光
(51)Int.Cl.
C22C 21/08(2006.01)
C22F 1/047(2006.01)
C22C 1/02(2006.01)
C21D 8/02(2006.01)

权利要求书5页 说明书14页

(54)发明名称

新型的基于废料的铝合金产品

(57)摘要

公开了新型铝合金。所述新型铝合金可包含1.05至1.55重量%的Si、0.85至2.10重量%的Mg、0.15至0.75重量%的Cu、0.20至0.90重量%的Fe、0.5至1.5重量%的Mn、0.01至0.15重量%的Ti、至多0.4重量%的Zn、至多0.25重量%的Cr、Zr和V中的任一种以及至多0.05重量%的Ni，余量为铝、偶存元素和杂质。该新型铝合金可以至少部分地源自废料材料，诸如UBC或钎焊废料。可以将该新型铝合金加工成H-回火片材产品。该新型铝合金可以实现强度、伸长率和耐腐蚀性中的至少两者的改进组合。

CN 119343472 A

1.一种铝合金片材产品,所述铝合金片材产品包含:

1.05至1.55重量%的Si;

0.85至2.10重量%的Mg;

0.15至0.75重量%的Cu;

0.20至0.90重量%的Fe;

0.5至1.5重量%的Mn;

0.01至0.15重量%的Ti;

至多0.4重量%的Zn;

至多0.25重量%的Cr、Zr和V中的任一种;以及

至多0.05重量%的Ni;

余量为铝、偶存元素和杂质;

其中所述铝合金片材产品具有0.4至4mm的厚度;

其中所述铝合金片材产品实现以下中的至少一者:

(i)不超过50体积%的再结晶晶粒;

(ii)至少0.5%的Mg_2Si面积百分比;

(iii)至少0.5个颗粒/平方微米的平均Mg_2Si颗粒面积;

(iv)至少0.5%的组成成分面积百分比;和

(v)至少0.5个颗粒/平方微米的平均组成成分颗粒面积。

2.根据权利要求1所述的铝合金片材产品,其中所述铝合金片材产品包含至少1.10重量%的Si、或至少1.15重量%的Si。

3.根据前述权利要求中任一项所述的铝合金片材产品,其中所述铝合金片材产品包含不超过1.45重量%的Si、或不超过1.40重量%的Si。

4.根据前述权利要求中任一项所述的铝合金片材产品,其中所述铝合金片材产品包含至少0.90重量%的Mg、或至少0.95重量%的Mg。

5.根据前述权利要求中任一项所述的铝合金片材产品,其中所述铝合金片材产品包含不超过2.05重量%的Mg、或不超过2.00重量%的Mg、或不超过1.95重量%的Mg、或不超过1.90重量%的Mg。

6.根据前述权利要求中任一项所述的铝合金片材产品,其中所述铝合金片材产品包含至少0.20重量%的Cu、或至少0.25重量%的Cu、或至少0.30重量%的Cu。

7.根据前述权利要求中任一项所述的铝合金片材产品,其中所述铝合金片材产品包含不超过0.70重量%的Cu、或不超过0.65重量%的Cu、或不超过0.60重量%的Cu。

8.根据前述权利要求中任一项所述的铝合金片材产品,其中所述铝合金片材产品包含至少0.25重量%的Fe、或至少0.30重量%的Fe。

9.根据前述权利要求中任一项所述的铝合金片材产品,其中所述铝合金片材产品包含不超过0.85重量%的Fe、或不超过0.80重量%的Fe、或不超过0.75重量%的Fe。

10.根据前述权利要求中任一项所述的铝合金片材产品,其中所述铝合金片材产品包含至少0.55重量%的Mn、或至少0.60重量%的Mn、或至少0.65重量%的Mn、或至少0.70重量%的Mn、或至少0.75重量%的Mn、或至少0.80重量%的Mn、或至少0.85重量%的Mn、或至少0.90重量%的Mn、或至少0.95重量%的Mn、或至少1.0重量%的Mn。

11.根据前述权利要求中任一项所述的铝合金片材产品,其中所述铝合金片材产品包含不超过1.45重量%的Mn、或不超过1.40重量%的Mn、或不超过1.35重量%的Mn、或不超过1.30重量%的Mn、或不超过1.25重量%的Mn、或不超过1.20重量%的Mn。

12.根据前述权利要求中任一项所述的铝合金片材产品,其中所述铝合金片材产品包含不超过0.12重量%的Ti、或不超过0.10重量%的Ti。

13.根据前述权利要求中任一项所述的铝合金片材产品,其中所述铝合金片材产品包含至少0.02重量%的Ti、或至少0.05重量%的Ti。

14.根据前述权利要求中任一项所述的铝合金片材产品,其中所述铝合金片材产品包含不超过0.35重量%的Zn、或不超过0.30重量%的Zn、或不超过0.25重量%的Zn、或不超过0.20重量%的Zn。

15.根据前述权利要求中任一项所述的铝合金片材产品,其中所述铝合金片材产品包含至少0.01重量%的Zn。

16.根据前述权利要求中任一项所述的铝合金片材产品,其中所述铝合金片材产品包含不超过0.15重量%的Zr、或不超过0.10重量%的Zr、或不超过0.08重量%的Zr、或不超过0.05重量%的Zr、或不超过0.03重量%的Zr。

17.根据前述权利要求中任一项所述的铝合金片材产品,其中所述铝合金片材产品包含至少0.01重量%的Zr。

18.根据前述权利要求中任一项所述的铝合金片材产品,其中所述铝合金片材产品包含不超过0.15重量%的V、或不超过0.10重量%的V、或不超过0.08重量%的V、或不超过0.05重量%的V、或不超过0.03重量%的V。

19.根据权利要求1所述的铝合金片材产品,其中所述铝合金片材产品包含至少0.01重量%的V。

20.根据前述权利要求中任一项所述的铝合金片材产品,其中所述铝合金片材产品包含不超过0.18重量%的Cr、或不超过0.15重量%的Cr、或不超过0.12重量%的Cr、或不超过0.10重量%的Cr、或不超过0.08重量%的Cr、或不超过0.05重量%的Cr、或不超过0.03重量%的Cr。

21.根据前述权利要求中任一项所述的铝合金片材产品,其中所述铝合金片材产品包含至少0.01重量%的Cr。

22.根据前述权利要求中任一项所述的铝合金片材产品,其中所述铝合金片材产品包含不超过0.03重量%的Ni、或不超过0.01重量%的Ni。

23.根据前述权利要求中任一项所述的铝合金片材产品,其中所述铝合金片材产品实现不超过45体积%的再结晶晶粒、或不超过40体积%的再结晶晶粒、或不超过35体积%的再结晶晶粒、或不超过30体积%的再结晶晶粒、或不超过25体积%的再结晶晶粒、或不超过20体积%的再结晶晶粒、或不超过15体积%的再结晶晶粒。

24.根据前述权利要求中任一项所述的铝合金片材产品,其中所述铝合金片材产品实现至少0.6%、或至少0.7%、或至少0.8%、或至少0.9%、或至少1.0%、或至少1.1%、或至少1.2%的Mg_2Si面积百分比。

25.根据前述权利要求中任一项所述的铝合金片材产品,其中所述铝合金片材产品实现至少0.75个颗粒/平方微米、或至少1.0个颗粒/平方微米、或至少1.25个颗粒/平方微米、

或至少1.5个颗粒/平方微米、或至少1.75个颗粒/平方微米、或至少2.0个颗粒/平方微米、或至少2.25个颗粒/平方微米、或至少2.5个颗粒/平方微米、或至少2.75个颗粒/平方微米、或至少3.0个颗粒/平方微米、或至少3.25个颗粒/平方微米、或至少3.5个颗粒/平方微米的平均Mg_2Si颗粒面积。

26.根据前述权利要求中任一项所述的铝合金片材产品,其中所述铝合金片材产品实现至少0.75%、或至少1.0%、或至少1.25%、或至少1.5%、或至少1.75%、或至少2.0%、或至少2.25%、或至少2.50%、或至少2.75%的组成成分面积百分比。

27.根据前述权利要求中任一项所述的铝合金片材产品,其中所述铝合金片材产品实现至少0.75个颗粒/平方微米、或至少1.0个颗粒/平方微米、或至少1.25个颗粒/平方微米、或至少1.5个颗粒/平方微米、或至少1.75个颗粒/平方微米、或至少2.0个颗粒/平方微米、或至少2.25个颗粒/平方微米、或至少2.5个颗粒/平方微米、或至少2.75个颗粒/平方微米、或至少3.0个颗粒/平方微米、或至少3.25个颗粒/平方微米、或至少3.5个颗粒/平方微米、或至少或至少3.75个颗粒/平方微米的平均组成成分颗粒面积。

28.根据前述权利要求中任一项所述的铝合金片材产品,其中所述铝合金片材产品实现以下中的至少两者:(i)不超过50体积%的再结晶晶粒;(ii)至少0.5%的Mg_2Si面积百分比;(iii)至少0.5个颗粒/平方微米的平均Mg_2Si颗粒面积;(iv)至少0.5%的组成成分面积百分比;和(v)至少0.5个颗粒/平方微米的平均组成成分颗粒面积。

29.根据前述权利要求中任一项所述的铝合金片材产品,其中所述铝合金片材产品实现以下中的至少三者:(i)不超过50体积%的再结晶晶粒;(ii)至少0.5%的Mg_2Si面积百分比;(iii)至少0.5个颗粒/平方微米的平均Mg_2Si颗粒面积;(iv)至少0.5%的组成成分面积百分比;和(v)至少0.5个颗粒/平方微米的平均组成成分颗粒面积。

30.根据前述权利要求中任一项所述的铝合金片材产品,其中所述铝合金片材产品实现以下中的至少四者:(i)不超过50体积%的再结晶晶粒;(ii)至少0.5%的Mg_2Si面积百分比;(iii)至少0.5个颗粒/平方微米的平均Mg_2Si颗粒面积;(iv)至少0.5%的组成成分面积百分比;和(v)至少0.5个颗粒/平方微米的平均组成成分颗粒面积。

31.根据前述权利要求中任一项所述的铝合金片材产品,其中所述铝合金片材产品实现以下中的全部:(i)不超过50体积%的再结晶晶粒;(ii)至少0.5%的Mg_2Si面积百分比;(iii)至少0.5个颗粒/平方微米的平均Mg_2Si颗粒面积;(iv)至少0.5%的组成成分面积百分比;和(v)至少0.5个颗粒/平方微米的平均组成成分颗粒面积。

32.根据前述权利要求中任一项所述的铝合金片材产品,其中所述铝合金片材产品实现至少35ksi、或至少36ksi、或至少37ksi、或至少38ksi、或至少39ksi、或至少40ksi的纵向(L)拉伸屈服强度。

33.根据前述权利要求中任一项所述的铝合金片材产品,其中所述铝合金片材产品实现至少3.0%、或至少3.5%、或至少4.0%、或至少4.5%、或至少5.0%的纵向(L)伸长率。

34.根据前述权利要求中任一项所述的铝合金片材产品,其中与等效规格的常规AA3004片材产品相比,所述铝合金片材产品实现了至少等效的ASTM G85耐腐蚀性。

35.一种制造铝合金片材产品的方法,所述方法包括:

(a)由基于铝的废料产生铝合金铸锭,其中所述产生包括:

(i)将第一铝废料材料与另一铝材料混合以获得目标铸锭组成,其中所述另一铝材料

为(A)第二铝废料材料和(B)原铝中的至少一者;

(ii)在混合步骤之前或之后,加热所述第一铝废料材料和所述另一铝材料以产生熔融铝合金;以及

(iii)将所述熔融铝合金铸造成所述铝合金铸锭,其中所述铝合金铸锭获得所述目标铸锭组成,其中所述目标铸锭组成为:

1.05至1.55重量%的Si;

0.85至2.10重量%的Mg;

0.15至0.75重量%的Cu;

0.20至0.90重量%的Fe;

0.5至1.5重量%的Mn;

0.01至0.15重量%的Ti;

至多0.4重量%的Zn;

至多0.25重量%的Cr、Zr和V中的任一种;以及

至多0.05重量%的Ni;

余量为铝、偶存元素和杂质;和

(b)将所述铝合金铸锭加工成具有0.4至4.0mm的厚度的H-回火片材产品。

36.根据权利要求35所述的方法,其中将所述铝合金铸锭加工成H-回火片材产品包括冷轧至最终规格并且然后部分退火以实现H2回火。

37.根据权利要求35-36中任一项所述的方法,其中所述第一铝废料材料选自钎焊废料、用过的饮料罐(UBC)废料及其混合物。

38.根据权利要求37所述的方法,其中所述另一铝材料为原铝。

39.根据权利要求37所述的方法,其中所述另一铝材料为第二铝废料材料。

40.根据权利要求39所述的方法,其中所述第二铝废料材料包含3xxx、4xxx、5xxx或6xxx铝合金废料中的至少一种。

41.根据权利要求39所述的方法,其中所述第二铝废料材料包含工业或汽车废料中的至少一种。

42.根据权利要求35-41中任一项所述的方法,其中所述铸锭的至少30%包含所述第一铝废料材料,或所述铸锭的至少35%包含所述第一铝废料材料,或所述铸锭的至少40%包含所述第一铝废料材料,或所述铸锭的至少45%包含所述第一铝废料材料,或所述铸锭的至少50%包含所述第一铝废料材料,或所述铸锭的至少55%包含所述第一铝废料材料,或所述铸锭的至少60%包含所述第一铝废料材料,或所述铸锭的至少65%包含所述第一铝废料材料。

43.根据权利要求35-41中任一项所述的方法,其中所述铸锭的至少50%包含所述第一铝废料材料和所述第二铝废料材料,或所述铸锭的至少55%包含所述第一铝废料材料和所述第二铝废料材料,或所述铸锭的至少60%包含所述第一铝废料材料和所述第二铝废料材料,或所述铸锭的至少65%包含所述第一铝废料材料和所述第二铝废料材料,或所述铸锭的至少70%包含所述第一铝废料材料和所述第二铝废料材料,或所述铸锭的至少75%包含所述第一铝废料材料和所述第二铝废料材料,或所述铸锭的至少80%包含所述第一铝废料材料和所述第二铝废料材料,或所述铸锭的至少85%包含所述第一铝废料材料和所述第二

铝废料材料,或所述铸锭的至少90％包含所述第一铝废料材料和所述第二铝废料材料,或所述铸锭的至少94％包含所述第一铝废料材料和所述第二铝废料材料。

44.根据权利要求35-43中任一项所述的方法,其中所述H-回火片材产品既不经固溶热处理也不经人工时效。

新型的基于废料的铝合金产品

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求于2022年5月23日提交的题为“NEW SCRAP-BASED ALUMINUM ALLOY PRODUCTS”的美国临时申请号63/344,968的优先权,该美国临时申请通过引用整体并入本文。

背景技术

[0003] 如美国专利申请公开号2021/0087664中所述,铝可能会造成一部分碳足迹。减少碳足迹和铝开采的一种有效方法是增加回收铝、尤其是消费后回收(PCR)铝的使用。PCR铝的主要来源之一是用过的饮料罐(UBC)废料。增加回收可以对减少碳足迹和原铝消耗产生大的影响。

发明内容

[0004] 广义上讲,本专利申请涉及新型铝合金。所述新型铝合金可以是源自废料的,从而降低其制造成本。尽管是源自废料的,但所述新型铝合金可实现优异的机械性能和耐腐蚀性。在一个实施例中,新型铝合金包含1.05至1.55重量%的Si、0.85至2.10重量%的Mg、0.15至0.75重量%的Cu、0.20至0.90重量%的Fe、0.5至1.5重量%的Mn、0.01至0.15重量%的Ti、至多0.4重量%的Zn、至多0.25重量%的Cr、Zr和V中的任一种以及至多0.05重量%的Ni,余量为铝、偶存元素和杂质。在一种方法中,新型铝合金呈厚度为0.4至4mm的片材产品的形式。在一个实施例中,铝合金片材产品实现以下微观结构特性中的至少一种:(i)不超过50体积%的再结晶晶粒,(ii)至少0.5%的Mg_2Si面积百分比,(iii)至少0.5个颗粒/平方微米的平均Mg_2Si颗粒面积,(iv)至少0.5%的组成成分面积百分比,和(v)至少0.5个颗粒/平方微米的平均组成成分颗粒面积。测定这些微观结构特性的方法在下文描述的微观结构评估程序中描述。

[0005] i.组合物

[0006] 如上所述,新型铝合金通常包含1.05至1.55重量%的Si。这样的硅水平可促进例如提高的废料利用率和/或改善的机械性能。在一个实施例中,新型铝合金包含至少1.10重量%的Si。在另一个实施例中,新型铝合金包含至少1.15重量%的Si。在一个实施例中,新型铝合金包含不超过1.45重量%的Si。在另一个实施例中,新型铝合金包含不超过1.40重量%的Si。

[0007] 如上所述,新型铝合金通常包含0.85至2.10重量%的Mg。这样的镁水平可促进例如改善的机械性能(例如,应变硬化)。在一个实施例中,新型铝合金包含至少0.90重量%的Mg。在另一个实施例中,新型铝合金包含至少0.95重量%的Mg。在一个实施例中,新型铝合金包含不超过2.05重量%的Mg。在另一个实施例中,新型铝合金包含不超过2.00重量%的Mg。在又另一个实施例中,新型铝合金包含不超过1.95重量%的Mg。在另一个实施例中,新型铝合金包含不超过1.90重量%的Mg。

[0008] 如上所述,新型铝合金通常包含0.15至0.75重量%的Cu。这样的铜水平可例如促

进改善的机械性能而不会不必要地降低耐腐蚀性。在一个实施例中,新型铝合金包含至少0.20重量%的Cu。在另一个实施例中,新型铝合金包含至少0.25重量%的Cu。在又另一个实施例中,新型铝合金包含至少0.30重量%的Cu。在一个实施例中,新型铝合金包含不超过0.70重量%的Cu。在另一个实施例中,新型铝合金包含不超过0.65重量%的Cu。在又另一个实施例中,新型铝合金包含不超过0.60重量%的Cu。

[0009] 如上所述,新型铝合金通常包含0.20至0.90重量%的Fe。这样的铁水平可例如促进高的废料耐受性和/或分散质形成。在一个实施例中,新型铝合金包含至少0.25重量%的Fe。在另一个实施例中,新型铝合金包含至少0.30重量%的Fe。在一个实施例中,新型铝合金包含不超过0.85重量%的Fe。在另一个实施例中,新型铝合金包含不超过0.80重量%的Fe。在又另一个实施例中,新型铝合金包含不超过0.75重量%的Fe。

[0010] 如上所述,新型铝合金通常包含0.5至1.5重量%的Mn。这样的锰水平可例如促进高的废料耐受性和/或分散质形成。在一个实施例中,新型铝合金包含至少0.55重量%的Mn。在另一个实施例中,新型铝合金包含至少0.60重量%的Mn。在又另一个实施例中,新型铝合金包含至少0.65重量%的Mn。在另一个实施例中,新型铝合金包含至少0.70重量%的Mn。在又另一个实施例中,新型铝合金包含至少0.75重量%的Mn。在另一个实施例中,新型铝合金包含至少0.80重量%的Mn。在又另一个实施例中,新型铝合金包含至少0.85重量%的Mn。在另一个实施例中,新型铝合金包含至少0.90重量%的Mn。在又另一个实施例中,新型铝合金包含至少0.95重量%的Mn。在另一个实施例中,新型铝合金包含至少1.0重量%的Mn。在一个实施例中,新型铝合金包含不超过1.45重量%的Mn。在另一个实施例中,新型铝合金包含不超过1.40重量%的Mn。在又另一个实施例中,新型铝合金包含不超过1.35重量%的Mn。在另一个实施例中,新型铝合金包含不超过1.30重量%的Mn。在又另一个实施例中,新型铝合金包含不超过1.25重量%的Mn。在另一个实施例中,新型铝合金包含不超过1.20重量%的Mn。

[0011] 如上所述,新型铝合金通常包含0.01至0.15重量%的Ti。钛可例如促进晶粒细化。在一个实施例中,新型铝合金包含至少0.02重量%的Ti。在另一个实施例中,新型铝合金包含至少0.03重量%的Ti。在又另一个实施例中,新型铝合金包含至少0.04重量%的Ti。在又另一个实施例中,新型铝合金包含至少0.05重量%的Ti。在一个实施例中,新型铝合金包含不超过0.12重量%的Ti。在另一个实施例中,新型铝合金包含不超过0.10重量%的Ti。在又另一个实施例中,新型铝合金包含不超过0.08重量%的Ti。在又另一个实施例中,新型铝合金包含不超过0.05重量%的Ti。

[0012] 如上所述,新型铝合金可包含至多0.40重量%的Zn,这可促进高的废料耐受性。在一个实施例中,新型铝合金包含不超过0.35重量%的Zn。在另一个实施例中,新型铝合金包含不超过0.30重量%的Zn。在又另一个实施例中,新型铝合金包含不超过0.25重量%的Zn。在另一个实施例中,新型铝合金包含不超过0.20重量%的Zn。在一个实施例中,新型铝合金包含至少0.01重量%的Zn。在另一个实施例中,新型铝合金包含至少0.05重量%的Zn。

[0013] 如上所述,新型铝合金可包含至多0.25重量%的Cr、Zr和V中的任一种,其可用于控制再结晶。在一种方法中,新型铝合金包含不超过0.20重量%的Zr。在另一种方法中,新型铝合金包含不超过0.15重量%的Zr。在一个实施例中,新型铝合金包含不超过0.10重量%的Zr。在另一个实施例中,新型铝合金包含不超过0.08重量%的Zr。在又另一个实施例

中,新型铝合金包含不超过0.05重量%的Zr。在另一个实施例中,新型铝合金包含不超过0.04重量%的Zr。在又另一个实施例中,新型铝合金包含不超过0.03重量%的Zr。在一个实施例中,新型铝合金包含至少0.01重量%的Zr。

[0014] 在一种方法中,新型铝合金包含不超过0.20重量%的Cr。在一个实施例中,新型铝合金包含不超过0.15重量%的Cr。在另一个实施例中,新型铝合金包含不超过0.10重量%的Cr。在另一个实施例中,新型铝合金包含不超过0.08重量%的Cr。在又另一个实施例中,新型铝合金包含不超过0.05重量%的Cr。在另一个实施例中,新型铝合金包含不超过0.04重量%的Cr。在又另一个实施例中,新型铝合金包含不超过0.03重量%的Cr。在一个实施例中,新型铝合金包含至少0.01重量%的Cr。

[0015] 在一种方法中,新型铝合金包含不超过0.20重量%的V。在一个实施例中,新型铝合金包含不超过0.15重量%的V。在另一个实施例中,新型铝合金包含不超过0.10重量%的V。在另一个实施例中,新型铝合金包含不超过0.08重量%的V。在又另一个实施例中,新型铝合金包含不超过0.05重量%的V。在另一个实施例中,新型铝合金包含不超过0.04重量%的V。在又另一个实施例中,新型铝合金包含不超过0.03重量%的V。在一个实施例中,新型铝合金包含至少0.01重量%的V。

[0016] 所述新型铝合金通常包含所陈述的合金成分,余量为铝、任选的偶存元素和杂质。如本文所使用的,“偶存元素”意思指除以上所列元素之外,可任选地添加至合金中以帮助合金生产的元素或材料。偶存元素的实例包含铸造助剂,如脱氧剂。任选的偶存元素可以以至多1.0重量%的累积量包含于所述合金中。作为一个非限制性实例,可以在铸造期间将一个或多个偶存元素添加到合金中,以减少或限制(并且在一些情况下,消除)由于例如氧化物折叠、凹点和氧化物斑块所导致的铸锭开裂。这些类型的偶存元素在本文中通常被称作脱氧剂。一些脱氧剂的实例包含Ca、Sr和Be。当钙(Ca)被包含在合金中时,其通常以至多约0.05重量%或至多约0.03重量%的量存在。在一些实施例中,合金中包含约0.001-0.03重量%或约0.05重量%、例如0.001-0.008重量%(或10至80ppm)的量的Ca。锶(Sr)可作为Ca的替代物(完全或部分地)包含在合金中,并因此可按与Ca相同或类似的量包含在合金中。传统上,添加铍(Be)有助于减小铸锭开裂的倾向,但出于环境、健康和安全性原因,合金的一些实施例基本上不含Be。当合金中包含Be时,其通常以至多约20ppm的量存在。偶存元素可以微量存在,或可以大量存在,且可以在不脱离本文所述合金的情况下自行添加所希望或其他的特征,只要所述合金保持本文所述的所希望的特征即可。然而,应理解,不得/不能通过仅添加不会在其他方面影响本文所希望和所获得的特性组合的数量的一种或多种元素来避开本公开的范围。

[0017] 新型铝合金可含少量杂质。在一个实施例中,新型铝合金包含总共不超过0.15重量%的杂质,并且其中所述铝合金包含不超过0.05重量%的每种杂质。在另一个实施例中,新型铝合金包含总共不超过0.10重量%的杂质,并且其中所述铝合金包含不超过0.03重量%的每种杂质。

[0018] 所述新型铝合金通常基本上不含镍,即镍仅作为杂质包含,并且通常包含少于0.04重量%的Ni或少于0.01重量%的Ni。所述新型铝合金通常基本上不含锂,即锂仅作为杂质包含,并且通常包含少于0.04重量%的Li或少于0.01重量%的Li。所述新型铝合金通常基本上不含银,即银仅作为杂质包含,并且通常包含少于0.04重量%的Ag或少于0.01重

量％的Ag。所述新型铝合金通常基本上不含铅,即铅仅作为杂质包含,并且通常包含少于0.04重量％的Pb或少于0.01重量％的Pb。所述新型铝合金通常基本上不含镉,即镉仅作为杂质包含,并且通常包含少于0.04重量％的Cd或少于0.01重量％的Cd。所述新型铝合金通常基本上不含铊,即铊仅作为杂质包含,并且通常包含少于0.04重量％的Tl或少于0.01重量％的Tl。所述新型铝合金通常基本上不含钪,即钪仅作为杂质包含,并且通常包含少于0.04重量％的Sc或少于0.01重量％的Sc。

[0019] ii.生产方法

[0020] 所述新型铝合金可以锻造形式和在适当的回火中制备。在一个实施例中,新型铝合金可通过铸造(例如,直冷铸造或连续铸造)生产为铸锭或带材,然后进行适当的加工以实现各种回火,诸如根据ANSI H35.1(2009)的H-回火,例如,H1、H2或H3回火。在一个实施例中,将新型铝合金加工至“H1回火”。在另一个实施例中,将新型铝合金加工至“H2回火”。在又另一个实施例中,将新型铝合金加工至“H3回火”。

[0021] 在一个实施例中,将新型铝合金直冷(DC)铸造成铸锭形式。在铸锭的常规剥皮(scalping)、车削(lathing)或剥离(peeling)(如果需要)和均匀化(如果需要)之后,可以通过对产品进行热加工来进一步加工这些铸锭,其中所述均匀化可以在剥皮之前或之后完成。然后可将产品任选地冷加工和/或任选地退火。在一个实施例中,加工成H-回火片材产品包括冷轧至最终规格并且然后部分退火以实现H2回火。

[0022] 在将新型铝合金加工至H回火时,其生产方法通常不包括(不存在)固溶热处理或人工时效。这些步骤会增加不必要的成本,并且H回火可以在没有此类步骤的情况下实现必要的性能。

[0023] 在其他实施例中,可以将新型铝合金加工至T回火,这将包括固溶热处理,随后是自然和/或人工时效。新型合金的高硅化镁(Mg_2Si)含量可促进T4(自然时效)或T6(人工时效)回火以及其他T回火中的强度改善。

[0024] 新型铝合金产品可具有任何合适的最终量规厚度。在一个实施例中,新型铝合金呈厚度为0.4至4mm的片材的形式。可以使用其他锻造产品形式(例如,板材、挤出件、锻件)。

[0025] 如上所述,用于生产本文描述的新型铝合金的铸锭可至少部分地源自铝合金废料。例如,一种方法可包括(a)由基于铝的废料产生铝合金铸锭和(b)将铝合金铸锭加工成适当的锻造产品形式和回火,诸如厚度为0.4至4.0mm的H-回火片材产品。

[0026] 就上述步骤(a)(即,产生铝合金铸锭)而言,该步骤(a)可包括(i)将第一铝废料材料与另一铝材料混合以获得目标铸锭组成,(ii)在混合步骤之前或之后,加热所述第一铝废料材料和所述另一铝材料以产生熔融铝合金,以及(iii)将所述熔融铝合金铸造成铝合金铸锭,其中所述铝合金铸锭获得目标铸锭组成。所述另一铝材料可以是(A)第二铝废料材料、(B)原铝和(C)它们的混合物中的至少一者。目标铸锭组成可以是任何本文公开的组成,包括在组合物和实例部分中公开的。

[0027] 在一个实施例中,第一铝废料材料和第二铝废料材料中的至少一者为3xxx铝合金废料、4xxx铝合金废料、5xxx铝合金废料或6xxx铝合金废料。在一个实施例中,第一铝废料材料和第二铝废料材料中的至少一者为3004和/或3104铝合金废料。在另一个实施例中,第一铝废料材料和第二铝废料材料中的至少一者为4343铝合金废料。在又另一个实施例中,第一铝废料材料和第二铝废料材料中的至少一者为5052和/或5182铝合金废料。在另一个

实施例中,第一铝废料材料和第二铝废料材料中的至少一者为6061、6063、6022、6111和/或6013铝合金废料。

[0028] 在一个实施例中,第一铝废料材料和第二铝废料材料中的至少一者为钎焊废料。合适的钎焊废料材料可包括具有芯和衬里的复合合金。复合合金可具有例如3xxx铝合金芯和4xxx铝合金衬里、或3xxx芯和7xxx铝合金衬里等。例如,钎焊废料可来自管材、集管或其他热交换器材料。

[0029] 在一个实施例中,第一铝废料材料和第二铝废料材料中的至少一者为UBC(用过的饮料罐)废料。合适的UBC废料材料包括由3104和/或5182铝合金制成的那些。在一个实施例中,UBC废料材料至少包括3104废料。在另一个实施例中,UBC废料材料至少包括5182废料。

[0030] 在一个实施例中,第一和第二铝废料材料中的至少一者为汽车或工业废料(例如,铝合金6061、6063、6022、6111和/或6013的废料)。

[0031] 在一个实施例中,第一铝废料材料为钎焊废料、用过的饮料罐(UBC)废料及其混合物中的至少一者,所述另一铝材料为第二铝废料材料,诸如3xxx、4xxx、5xxx或6xxx铝合金废料。在另一个实施例中,第一铝废料材料为钎焊废料、用过的饮料罐(UBC)废料及其混合物中的至少一者,所述另一铝材料为原铝。在一个实施例中,第一铝废料材料为钎焊废料,第二铝废料材料为UBC废料。

[0032] 由于废料的使用,故铝合金铸锭可包含相当大量的废料材料。在一个实施例中,铸锭的至少30%源自第一铝废料材料(即,铸锭的至少30%包含第一铝废料材料),铸锭的余量为原铝和/或其他废料材料。在另一个实施例中,铸锭的至少35%源自第一铝废料材料。在又另一个实施例中,铸锭的至少40%源自第一铝废料材料。在另一个实施例中,铸锭的至少45%源自第一铝废料材料。在又另一个实施例中,铸锭的至少50%源自第一铝废料材料。在另一个实施例中,铸锭的至少55%源自第一铝废料材料。在又另一个实施例中,铸锭的至少60%源自第一铝废料材料。在另一个实施例中,铸锭的至少65%源自第一铝废料材料。

[0033] 在一个实施例中,铝合金铸锭包含至少两种铝废料材料(第一和第二废料材料)。在一个实施例中,铸锭的至少50%源自第一和第二铝废料材料(即,铸锭的至少50%包含第一和第二铝废料材料)。在另一个实施例中,铸锭的至少55%源自第一和第二铝废料材料。在又另一个实施例中,铸锭的至少60%源自第一和第二铝废料材料。在另一个实施例中,铸锭的至少65%源自第一和第二铝废料材料。在又另一个实施例中,铸锭的至少70%源自第一和第二铝废料材料。在另一个实施例中,铸锭的至少75%源自第一和第二铝废料材料。在又另一个实施例中,铸锭的至少80%源自第一和第二铝废料材料。在另一个实施例中,铸锭的至少85%源自第一和第二铝废料材料。在又另一个实施例中,铸锭的至少90%源自第一和第二铝废料材料。在另一个实施例中,铸锭的至少94%源自第一和第二铝废料材料。可使用另外的废料材料(第三、第四、第五等)来生产任何本段中描述的铝合金铸锭。

[0034] 原铝可与废料的任何混合物一起使用来制备铝合金铸锭。在一个实施例中,铝合金铸锭包含至少1%的原铝。在另一个实施例中,铝合金铸锭包含至少2%的原铝。在又另一个实施例中,铝合金铸锭包含至少3%的原铝。在另一个实施例中,铝合金铸锭包含至少4%的原铝。在又另一个实施例中,铝合金铸锭包含至少5%的原铝。在另一个实施例中,铝合金铸锭包含至少6%的原铝。在一个实施例中,铝合金铸锭包含不超过60%的原铝。在另一个实施例中,铝合金铸锭包含不超过55%的原铝。在又另一个实施例中,铝合金铸锭包含不超

过50％的原铝。在另一个实施例中,铝合金铸锭包含不超过45％的原铝。在又另一个实施例中,铝合金铸锭包含不超过40％的原铝。在另一个实施例中,铝合金铸锭包含不超过30％的原铝。在又另一个实施例中,铝合金铸锭包含不超过35％的原铝。在另一个实施例中,铝合金铸锭包含不超过30％的原铝。在又另一个实施例中,铝合金铸锭包含不超过25％的原铝。

[0035] iii.微观结构

[0036] 如上所述,新型铝合金可实现独特的微观结构。例如,如使用下文描述的再结晶确定程序所确定,新型铝合金可含有50体积％或更少的再结晶晶粒。在一个实施例中,新型铝合金包含不超过45体积％的再结晶晶粒。在另一个实施例中,新型铝合金包含不超过40体积％的再结晶晶粒。在又另一个实施例中,新型铝合金包含不超过35体积％的再结晶晶粒。在另一个实施例中,新型铝合金产品包含不超过30体积％的再结晶晶粒。在又另一个实施例中,新型铝合金包含不超过25体积％的再结晶晶粒。在另一个实施例中,新型铝合金产品包含不超过20体积％的再结晶晶粒。在又另一个实施例中,新型铝合金包含不超过15体积％的再结晶晶粒。在另一个实施例中,新型铝合金产品包含不超过10体积％的再结晶晶粒。在一个实施例中,新型铝合金包含至少1体积％的再结晶晶粒。在另一个实施例中,新型铝合金产品包含至少3体积％的再结晶晶粒。在又另一个实施例中,新型铝合金产品包含至少5体积％的再结晶晶粒。

[0037] 如上所述,新型铝合金可实现至少0.5％的Mg_2Si面积百分比。在一个实施例中,新型铝合金实现至少0.6％的Mg_2Si面积百分比。在另一个实施例中,新型铝合金实现至少0.7％的Mg_2Si面积百分比。在又另一个实施例中,新型铝合金实现至少0.8％的Mg_2Si面积百分比。在另一个实施例中,新型铝合金实现至少0.9％的Mg_2Si面积百分比。在又另一个实施例中,新型铝合金实现至少1.0％的Mg_2Si面积百分比。在另一个实施例中,新型铝合金实现至少1.1％的Mg_2Si面积百分比。在又另一个实施例中,新型铝合金实现至少1.2％的Mg_2Si面积百分比。

[0038] 如上所述,新型铝合金可实现至少0.5个颗粒/平方微米的平均Mg_2Si颗粒面积。在一个实施例中,新型铝合金实现至少0.75个颗粒/平方微米的平均Mg_2Si颗粒面积。在另一个实施例中,新型铝合金实现至少1.0个颗粒/平方微米的平均Mg_2Si颗粒面积。在又另一个实施例中,新型铝合金实现至少1.25个颗粒/平方微米的平均Mg_2Si颗粒面积。在另一个实施例中,新型铝合金实现至少1.5个颗粒/平方微米的平均Mg_2Si颗粒面积。在又另一个实施例中,新型铝合金实现至少1.75个颗粒/平方微米的平均Mg_2Si颗粒面积。在另一个实施例中,新型铝合金实现至少2.0个颗粒/平方微米的平均Mg_2Si颗粒面积。在又另一个实施例中,新型铝合金实现至少2.25个颗粒/平方微米的平均Mg_2Si颗粒面积。在另一个实施例中,新型铝合金实现至少2.5个颗粒/平方微米的平均Mg_2Si颗粒面积。在又另一个实施例中,新型铝合金实现至少2.75个颗粒/平方微米的平均Mg_2Si颗粒面积。在另一个实施例中,新型铝合金实现至少3.0个颗粒/平方微米的平均Mg_2Si颗粒面积。在又另一个实施例中,新型铝合金实现至少3.25个颗粒/平方微米的平均Mg_2Si颗粒面积。在另一个实施例中,新型铝合金实现至少3.5个颗粒/平方微米的平均Mg_2Si颗粒面积。

[0039] 如上所述,新型铝合金可实现至少0.5％的组成成分面积百分比。在一个实施例中,新型铝合金实现至少0.75％的组成成分面积百分比。在另一个实施例中,新型铝合金实现至少1.0％的组成成分面积百分比。在又另一个实施例中,新型铝合金实现至少1.25％的

组成成分面积百分比。在另一个实施例中,新型铝合金实现至少1.5%的组成成分面积百分比。在又另一个实施例中,新型铝合金实现至少1.75%的组成成分面积百分比。在另一个实施例中,新型铝合金实现至少2.0%的组成成分面积百分比。在又另一个实施例中,新型铝合金实现至少2.25%的组成成分面积百分比。在另一个实施例中,新型铝合金实现至少2.5%的组成成分面积百分比。在又另一个实施例中,新型铝合金实现至少2.75%的组成成分面积百分比。

[0040] 如上所述,新型铝合金可实现至少0.5个颗粒/平方微米的平均组成成分颗粒面积。在一个实施例中,新型铝合金实现至少0.75个颗粒/平方微米的平均组成成分颗粒面积。在另一个实施例中,新型铝合金实现至少1.0个颗粒/平方微米的平均组成成分颗粒面积。在又另一个实施例中,新型铝合金实现至少1.25个颗粒/平方微米的平均组成成分颗粒面积。在另一个实施例中,新型铝合金实现至少1.5个颗粒/平方微米的平均组成成分颗粒面积。在又另一个实施例中,新型铝合金实现至少1.75个颗粒/平方微米的平均组成成分颗粒面积。在另一个实施例中,新型铝合金实现至少2.0个颗粒/平方微米的平均组成成分颗粒面积。在又另一个实施例中,新型铝合金实现至少2.25个颗粒/平方微米的平均组成成分颗粒面积。在另一个实施例中,新型铝合金实现至少2.5个颗粒/平方微米的平均组成成分颗粒面积。在又另一个实施例中,新型铝合金实现至少2.75个颗粒/平方微米的平均组成成分颗粒面积。在另一个实施例中,新型铝合金实现至少3.0个颗粒/平方微米的平均组成成分颗粒面积。在又另一个实施例中,新型铝合金实现至少3.25个颗粒/平方微米的平均组成成分颗粒面积。在另一个实施例中,新型铝合金实现至少3.5个颗粒/平方微米的平均组成成分颗粒面积。在又另一个实施例中,新型铝合金实现至少3.75个颗粒/平方微米的平均组成成分颗粒面积。

[0041] 如上所述,新型铝合金可实现以下微观结构特性中的至少一种:(i)不超过50体积%的再结晶晶粒,(ii)至少0.5%的Mg_2Si面积百分比,(iii)至少0.5个颗粒/平方微米的平均Mg_2Si颗粒面积,(iv)至少0.5%的组成成分面积百分比,和(v)至少0.5个颗粒/平方微米的平均组成成分颗粒面积。在一个实施例中,新型铝合金实现微观结构特性(i)-(v)中的至少两种。在另一个实施例中,新型铝合金实现微观结构特性(i)-(v)中的至少三种。在另一个实施例中,新型铝合金实现微观结构特性(i)-(v)中的至少四种。在另一个实施例中,新型铝合金实现微观结构特性(i)-(v)中的全部。

[0042] iv.微观结构评估程序

[0043] 以下程序和定义适用于测量根据本专利申请制造的产品的微观结构特征(例如,再结晶百分比、组成成分和Mg_2Si含量)。

[0044] a.Mg_2Si和组成成分颗粒测量

[0045] “组成成分面积分数”(cf)和“Mg_2Si面积分数”分别是组成成分颗粒或Mg_2Si所占的面积除以通过标准金相样品制备方法制备的二维横截面中检查到的总面积的分数。

[0046] “组成成分面积百分比”和“Mg_2Si面积百分比”通过将它们各自的面积分数乘以100%来确定。

[0047] “组成成分颗粒面积”和“Mg_2Si颗粒面积”分别是在试样中测量的组成成分颗粒和Mg_2Si颗粒的面积。

[0048] “平均组成成分颗粒面积”和“平均Mg_2Si颗粒面积”分别是每一种组成成分颗粒或

Mg_2Si颗粒的平均面积。

[0049] 为了测量组成成分和Mg_2Si面积分数以及颗粒面积,应在Apreo S场发射枪(Thermo Fisher Scientific(美国马萨诸塞州沃尔瑟姆))扫描电子显微镜或等效物上以500x拍摄背散射电子图像以对组成成分和Mg_2Si颗粒成像。应使用加速电压10kV拍摄图像。射束电流应为3.2纳安。工作距离应为10mm,停留时间应为5微秒,线平均应为3。对于每种合金,应在t/2时从金相抛光试样收集三十个图像。应使用图像分析来量化图像。用于量化组成成分和MgSi颗粒的像素大小为0.083微米。对于组成成分,仅计数含有至少50个像素的颗粒,阈值为99,最小强度平均值为115。对于每个组成成分颗粒,将像素的数量转换成颗粒面积和颗粒有效直径。对于Mg_2Si颗粒,仅计数含有至少15个像素的颗粒,阈值为73,并且颗粒中所有像素的平均强度不低于65。对于每个Mg_2Si颗粒,将像素的数量转换成颗粒面积和颗粒有效直径。对于基于平均颗粒的计算,仅将完全包括在图像区域中的颗粒包括在计算中。

[0050] b.再结晶确定程序

[0051] “再结晶百分比”等是指具有再结晶的晶粒的锻制铝合金产品的体积百分比。再结晶晶粒的量根据该再结晶确定程序通过对锻造铝合金产品的合适数量的SEM显微照片进行EBSD(电子背散射衍射)分析来确定。通常应分析至少5张显微照片。

[0052] “再结晶的晶粒”意指符合下文定义的“第一晶粒标准”,并且使用下文描述的OIM(定向成像显微镜)采样程序测量的结晶微观结构的晶粒。

[0053] OIM分析将使用下面的OIM样品程序,在L-ST平面上通过片材样品的整个厚度完成。待分析的样品的大小通常会因规格而异。测量前,OIM样品通过标准金相样品制备方法进行制备。例如,对OIM样品进行金相制备,并且然后进行振动抛光(例如,使用0.05微米的胶体二氧化硅)。

[0054] “OIM样品程序”如下:

[0055] • 所使用的软件是APEX EBSD收集软件版本2(美国新泽西州的EDAX股份有限公司(EDAX Inc.,New Jersey,U.S.A.))或等效物,其连接到Velocity EBSD相机(美国新泽西州的EDAX股份有限公司)或等效物。SEM是一种APREO S场发射枪(美国马萨诸塞州沃尔瑟姆的赛默飞世尔科技公司(Thermo Fisher Scientific.Waltham,MA,U.S.A.))或等效物。

[0056] • OIM运行条件为68°倾斜,其中工作距离为18mm,并且加速电压为15kV,具有动态聚焦,并且仪器规定的射束电流为51nA(纳安)。收集模式为六边形网格。进行选择,使得在分析中收集取向(即,不收集霍夫峰(Hough peak)信息)。对于在80X下以0.25微米步进的2mm规格的样品,每次扫描(即,帧)的面积大小为2.0mm×1mm。根据规格,可以使用不同的帧尺寸。收集的数据以*.osc文件的形式输出。此数据可以用于计算第一类型晶粒的体积分数,如下文所描述的。

[0057] • 第一类型晶粒体积分数的计算:使用*.osc文件和OIM分析软件(美国新泽西州的EDAX股份有限公司)版本8.1.0或等效物的数据计算第一类型晶粒的体积分数。在计算之前,可以执行两步数据清理。首先,对于置信指数低于阈值0.08的任何点,执行相邻方向相关性清理。其次,对小于3个数据点的任何晶粒执行粒度膨胀清理。然后,通过软件使用第一晶粒标准计算第一类型晶粒的量(如下)。

[0058] • 第一晶粒标准:计算了晶粒平均取向差(GAM)。所有“计算前应用分区”、“包含边缘晶粒”和“忽略孪晶界定义”都应该是必需的。GAM≤1°的任何晶粒都是第一类型晶粒。

[0059] “第一晶粒体积”(FGV)是指结晶材料的第一类型晶粒的体积分数。

[0060] “再结晶百分比”通过下式确定:FGV*100%。

[0061] 术语“晶粒”具有ASTM E112§3.2.2中定义的含义,即“在二维抛光平面上观察到的原始(主要)边界范围内的区域,或三维物体中原始(主要)边界包围的体积”。

[0062] “粒度”通过以下方程计算:

[0063] $$d_i = \sqrt{\left(\frac{4Ai}{\pi}\right)}$$

[0064] • 其中A_i是使用商业软件OIM分析软件版本8.1.0或等效物测量的单个晶粒的面积;并且

[0065] • 其中d_i是假设所述晶粒是圆形的计算出的单个粒度。

[0066] “面积加权平均粒度”通过以下方程计算:

[0067] $$\text{d-bar} = \left(\sum_{i=1}^{n} A_i d_i\right)/\left(\sum_{i=1}^{n} d_i\right)$$

[0068] • 其中A_i是使用商业软件OIM分析软件版本8.1.0或等效物测量的每个单个晶粒的面积;

[0069] • 其中d_i是假设所述晶粒是圆形的计算出的单个粒度;并且

[0070] • 其中d-bar是面积加权平均粒度。

[0071] v.性质

[0072] 如上所述,尽管潜在地基于废料,但本文描述的新型铝合金产品可实现相对高的机械性能和/或良好的耐腐蚀性。

[0073] 在一个实施例中,新型铝合金片材产品实现至少35ksi的拉伸屈服强度(纵向)。在另一个实施例中,新型铝合金片材产品实现至少36ksi的拉伸屈服强度(纵向)。在又另一个实施例中,新型铝合金片材产品实现至少37ksi的拉伸屈服强度(纵向)。在另一个实施例中,新型铝合金片材产品实现至少38ksi的拉伸屈服强度(纵向)。在又另一个实施例中,新型铝合金片材产品实现至少39ksi的拉伸屈服强度(纵向)。在另一个实施例中,新型铝合金片材产品实现至少40ksi的拉伸屈服强度(纵向)。

[0074] 在一个实施例中,新型铝合金片材产品实现至少3.0%的纵向(L)伸长率。在另一个实施例中,新型铝合金片材产品实现至少3.5%的纵向(L)伸长率。在又另一个实施例中,新型铝合金片材产品实现至少4.0%的纵向(L)伸长率。在另一个实施例中,新型铝合金片材产品实现至少4.5%的纵向(L)伸长率。在又另一个实施例中,新型铝合金片材产品实现至少5.0%的纵向(L)伸长率。

[0075] 在一个实施例中,与等效规格的常规AA3004片材产品相比,新型铝合金片材产品实现了至少等效的ASTM G85耐腐蚀性。

[0076] vi.产品应用

[0077] 本文描述的新型铝合金可用于各种产品应用中,诸如汽车和/或工业片材产品中。在一个实施例中,新型铝合金为用于建造厢式挂车(例如,用于商业运输中的干箱或冷藏厢式挂车)的片材产品。

[0078] vii.定义

[0079] “锻造铝合金产品”意指在铸造之后热加工的铝合金产品,并且包含轧产品(片材

或板)、锻制产品和挤出产品。

[0080] 如热轧等“热加工”意指在高温下加工铝合金产品,并且通常至少为121.1℃(250℉)。在热加工期间限制/避免应变硬化,这通常区分热加工与冷加工。

[0081] 如冷轧等“冷加工”意思指在不被视为热加工温度的温度下,一般在低于约121.1℃(250℉)下(例如在环境温度下)加工铝合金产品。

[0082] 回火定义符合美国铝业协会(The Aluminum Association)发布的ANSI H35.1(2009),标题为“美国国家标准铝合金和回火命名系统(American National Standard Alloy and Temper Designation Systems for Aluminum)”。

[0083] 强度和伸长率根据ASTM E8/E8M-21和B557-15测量。

[0084] viii.其他

[0085] 在以下描述中部分地阐述了此新技术的这些及其他方面、优点和新颖特征,并且在检查本文的描述后对于本领域技术人员将变得显而易见,或可通过实践本公开所提供的技术的一个或多个实施例而习得。

[0086] 在已经公开的那些益处和改进当中,根据本文的描述,本发明的其他目的和优点将变得显而易见。在本文中公开了本发明的详细实施例;然而,应当理解,所公开的实施例仅说明可以通过各种形式体现的本发明。另外,连同本发明的各个实施例一起给出的每一个实例均旨在示意而非限制。

[0087] 在通篇说明书和权利要求书中,除非上下文另有明确规定,否则以下术语采取本文明确相关的含义。如本文所使用的,短语“在一个实施例中”和“在一些实施例中”不一定指相同实施例,虽然可以是。另外,如本文所使用的,短语“在另一个实施例中”和“在一些其他实施例中”不一定指不同实施例,虽然可以是。因此,可以容易地将本发明的各个实施例组合,而不偏离本发明的范围或精神。

[0088] 另外,除非上下文另外明确指出,否则如本文所使用的,术语“或”是包含性的“或”运算符,并且等同于术语“和/或”。除非上下文另外明确指出,否则术语“基于”不是排他性的,并且允许基于未描述的另外因素。此外,在本说明书全篇中,除非上下文另外明确规定,否则“一个(a)”、“一种(an)”和“所述(the)”的含义包含复数指代物。除非上下文另外明确规定,否则“在…中”的含义包含“在…中”和“在…上”。

[0089] 虽然已经描述了本发明的多个实施例,但应了解这些实施例仅具说明性且无限制性,且多种修饰对于所属领域的技术人员而言可为显而易见的。更进一步,除非上下文另外明确要求,否则各种步骤可以按任何期望的顺序进行,并且可以添加和/或消除任何适用的步骤。

具体实施方式

[0090] 实例1

[0091] 生产若干实验室规模的铝合金铸锭,其组成示于下表1中。合金XA39-XA46为实验合金。铝合金3004(AA3004)为常规合金。合金0437为由Arconic Corp.以相同名称出售的常规合金。

[0092] 表1-实例1合金的组成(重量%)*

[0093]

合金编号	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti
XA39	1.69	0.52	0.32	1.11	1.10	0.09	0.20	0.05
XA40	1.24	0.53	0.32	1.14	1.09	0.10	0.20	0.05
XA41	0.77	0.55	0.33	1.09	1.11	0.09	0.21	0.05

[0094]

合金编号	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti
XA42	1.23	0.51	0.57	1.12	1.11	0.09	0.21	0.05
XA43	1.27	0.54	0.33	1.18	1.74	0.09	0.20	0.06
XA44	0.77	0.54	0.56	1.07	1.08	0.09	0.21	0.05
XA45	1.23	0.51	0.56	1.11	1.71	0.09	0.21	0.05
XA46	1.23	0.51	0.33	0.79	1.69	0.09	0.20	0.06
AA3004	0.24	0.40	0.13	1.07	1.05	0.02	0.04	0.03
0437	1.70	0.42	0.29	0.75	0.44	0.09	0.10	0.05

[0095] *合金的余量为铝和不可避免的杂质。

[0096] 在铸造之后,将合金常规地剥皮/剥离并均质化。然后将合金热轧至中间规格,然后冷轧至大约1mm的最终规格,然后部分退火以实现H291回火。

[0097] 如ANSI H35.1(2009)中所述,H-回火被定义为“应变硬化(仅锻造产品)”。根据ANSI H35.1,H-回火名称“适用于其强度通过应变硬化而增加的产品,具有或不具有补充热处理来产生强度的某种降低。H后面总是跟着两位或更多位数字”。换句话说,H-回火铝合金产品不经受沉淀硬化(例如,通过固溶热处理,然后淬火,并且然后自然或人工时效),其为增加强度的热处理。

[0098] “H2回火”被定义为“应变硬化和部分退火的”。根据ANSI H35.1,“H2回火”名称适用于应变硬化超过所需最终量并且然后通过部分退火而将强度降低到所需水平的产品——该名称后面的数字指示在产品经部分退火后剩余的应变硬化程度。H291回火是一种常见的H2回火,并用于实现常规合金诸如AA3004和AA5052的某些最小强度和伸长率值。参见美国专利申请公开号2009/0159160。

[0099] 测试了H291回火的合金的机械性能,其结果示于下表2中。

[0100] 表2-H291回火实例1合金的机械性能

[0101]

合金编号	UTS（ksi）	TYS（ksi）	伸长率（%）
XA39	35.2	31.6	2.8
XA40	37.4	33.4	4.3
XA41	44.3	39.7	5.1
XA42	42.4	37.8	5.3
XA43	43.4	39.0	5.1
XA44	42.5	37.8	4.6
XA45	41.7	37.2	4.1

[0102]

XA46	40.9	36.8	4.7
3004	42.4	38.6	5.4
0437	33.8	30.4	4.5

[0103] 如所示,尽管具有可用于采用废料的组成,但本发明的合金XA41-XA43显示出与AA3004相当的强度-伸长率关系。合金XA44-X A46的强度-伸长率关系略低。与AA3004相比,合金XA39-40的强度较低。

[0104] 还测试了合金样品的涂漆耐腐蚀性。具体而言,清洁合金并且然后根据常规铝合金涂漆程序涂漆。然后根据ASTM G85附录A2“循环酸化盐雾(喷雾)试验”对涂漆合金进行28天的MASTMAASIS测试。总体而言,与常规的AA3004相比,新型合金实现了相似或更好的腐蚀性能。考虑到新型合金的铜含量——其通常超过0.30重量％Cu,这些结果是出乎意料的。

[0105] 还通过将可用于生产合金的可能的铝合金废料与合金XA41-XA46中的每一种的目标合金组成进行比较来进行废料友好性评价。最废料友好的合金为XA42-43,其每一种都可以使用48-85％(XA42)或48-96％(按重量计)的普通废料诸如钎焊废料和/或普通6xxx铝合金废料(例如,AA6061和/或AA6063废料)来生产。

[0106] 还进行了游离硅(游离Si)及其对性能的影响的分析。游离硅(游离Si)的量通过使用下式估算合金中被铁(Fe)、锰(Mn)和铬(Cr)占据的硅的量来确定:

[0107] • 游离Si(重量％)＝总Si(重量％)-([Fe+Mn+Cr)]/4)

[0108] 结果在下表3中示出。

[0109] 表3 - Mg:游离Si比率与机械性能的比较

[0110]

合金编号	Si（重量%）	游离Si	Mg（重量%）	Mg:游离Si	Cu（重量%）	TYS（ksi）	伸长率(%)
XA39	1.69	1.26	1.10	0.87	0.32	31.6	2.8
XA40	1.24	0.80	1.09	1.37	0.32	33.4	4.3
XA41	0.77	0.34	1.11	3.29	0.33	39.7	5.1
XA42	1.23	0.80	1.11	1.39	0.57	37.8	5.3
XA43	1.27	0.82	1.74	2.13	0.33	39.0	5.1
XA44	0.77	0.35	1.08	3.13	0.56	37.8	4.6
XA45	1.23	0.80	1.71	2.13	0.56	37.2	4.1
XA46	1.23	0.88	1.69	1.92	0.33	36.8	4.7

[0111] 如所示,Mg:游离Si比率高于1:1并且更接近于1.73:1重量比的Mg:游离Si的合金可实现改善的性能。具有较低的硅(例如,0.77重量%左右的Si)和/或较低的游离Si的合金可实现较低的机械性能。额外的铜可促进机械性能的提高。

[0112] 实例2

[0113] 基于实例1的结果,筛选合金XA42-43进行工厂规模测试。工厂规模的XA42-43合金被加工至H291回火,并且加工方式与实例1中描述的方式大致相同,但使用工业规模的铸锭和轧制设备。合金的组成和机械性能在下表4-5中提供。下面也示出了来自常规AA3004样品的结果。

[0114] 表4-实例2合金的组成(重量%)*

[0115]

合金#	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti
XA42（工厂）	1.31	0.43	0.54	1.08	1.06	0.01	0.11	0.07
XA43（工厂）	1.32	0.52	0.30	1.08	1.68	0.03	0.05	0.04
AA3004（典型）	0.28	0.51	0.13	1.11	1.05	0.05	0.11	0.02

[0116] 表5-H291回火实例2合金的机械性能

[0117]

合金	游离 Si	Mg:游离Si	UTS（ksi）	TYS（ksi）	伸长率（%）
XA42（工厂）	0.93	1.140	38.0	33.4	6.9
XA43（工厂）	0.9125	1.841	40.6	36.4	5.3
AA3004			42.9	38.7	5.6

[0118] 同样,尽管具有可用于采用废料的组成,但XA42-43合金实现了与常规AA3004大致相似的机械性能。预计工厂生产的合金(XA42-XA43)也将实现与常规AA3004相比相似或更好的腐蚀性能,考虑到新型合金的铜含量,这是出于意料的。因此,当由废料制成时,新型合金可实现比常规合金显著的成本优势,同时仍获得有商业价值的特性。

[0119] 还根据本文描述的微观结构评估程序对实例2合金完成了显微镜分析。结果在下表6中示出。

[0120] 表6-显微镜数据

[0121]

合金	百分比再结晶（ReX %）	Mg_2Si 面积分数	Mg_2Si 颗粒面积（μm^2）（平均值）	组成成分面积分数	组成成分颗粒面积（μm^2）（平均值）

[0122]

XA42（工厂）	13	1.22	3.66	2.92	3.86
XA43（工厂）	14	2.06	3.50	3.35	3.84
AA3004	5	0.15	0.45	2.88	3.75

[0123] 如所示,本发明的合金具有很少的再结晶,但具有大的Mg_2Si和组成成分面积分数及颗粒面积。

[0124] 虽然已详细描述了本公开的各种实施例,但显而易见的是,本领域技术人员将对这些实施例进行修改和调整。不过,应明确地理解,这类修改和调整处于本公开的精神和范围内。