



(12) 发明专利



(10) 授权公告号 CN 116057193 B

(45) 授权公告日 2025. 04. 18

(21) 申请号 202180063010.8

(22) 申请日 2021.09.15

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 116057193 A

(43) 申请公布日 2023.05.02

(30) 优先权数据
2020130578 2020.09.16 RU

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2023.03.14

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/RU2021/050295 2021.09.15

(87) PCT国际申请的公布数据
W02022/060253 RU 2022.03.24

(73) 专利权人 轻材料与技术研究所有限责任公司

地址 俄罗斯莫斯科

(72) 发明人 V·K·曼 A·N·阿拉宾
A·Y·克罗欣 D·O·夫金

(74) 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127

专利代理师 宋珂 龚泽亮

(51) Int.Cl.
G22C 21/00 (2006.01)

(56) 对比文件
CN 110691859 A, 2020.01.14
RU 2714564 C1, 2020.02.18
US 4126448 A, 1978.11.21

审查员 王丹丹

权利要求书1页 说明书5页 附图1页

(54) 发明名称

铝铸造合金

(57) 摘要

本发明涉及冶金领域,具体地涉及铝基合金,并且可以用于通过在金属模具中铸造来制造薄壁复杂形状的铸件,特别是用于汽车部件、电子器件的零件等。该铝基铸造合金含有:1.5-5.1重量%的钙;至多0.7重量%的铁;至多1.0重量%的硅;0.1-1.8重量%的锌;任选地,以下中的一种或多种:0.2-2.5重量%的锰;0.005-0.1重量%的钛;0.05-0.14重量%的锆;0.05-0.15重量%的铬,其中钙和锌主要以共晶颗粒的形式存在于合金的结构中。技术结果是提供铸造中工艺性质和耐腐蚀性的所需组合。

1. 具有以下合金元素分配的铝基铸造合金：
 - 2.8-5.1重量%的钙
 - 0.1-1.3重量%的锌
 - 0.08-0.5重量%的铁
 - 0.08-1.0重量%的硅
 - 0.2-0.9重量%的锰任选地,至少一种选自下组的元素：
 - 0.005-0.05重量%的钛
 - 0.05-0.14重量%的锆
 - 0.05-0.15重量%的铬余量的铝和不可避免的杂质。
2. 如权利要求1所述的合金,其特征在于,其中的钙和锌主要是共晶颗粒的形式。
3. 如权利要求1或2所述的合金,其特征在于,其以铸件的形式制成。

铝铸造合金

技术领域

[0001] 本发明涉及冶金领域,具体地涉及特征在于高耐腐蚀性的铝基合金。该合金可用于通过在金属模具中铸造来制造薄壁复杂形状的铸件。

背景技术

[0002] 对于A-Si体系的工业不可热处理合金,例如A413.2或AK12pch(GOST1583),其特征在于铸造时的高加工性和相对低水平的强度特性;特别地,根据铸件的厚度,屈服强度通常不超过60-80MPa。通过添加铜提供已经处于铸造状态的铸件的更高水平的强度特性;特别地,诸如AA383.1或AK12M2等合金是已知的。在这种情况下的机械性能的提高伴随着伸长率的显著降低和耐腐蚀性的劣化。

[0003] 不可热处理且耐腐蚀的合金包括基于Al-Mg体系的固溶体合金,例如AMg6L、AMg5K、AMg5Mz(GOST1583)和Magsimal[®]59(Rheinfelden Alloys)等,其特征在于铸造时的令人满意的加工性、良好的耐腐蚀性、高水平的强度特性和伸长率。该体系的合金的缺点包括薄壁铸件的高线性收缩率和不充分的紧密性。

[0004] 在具有0.2-0.5重量%的镁的铝硅合金中实现高水平的强度特性、伸长率和耐腐蚀性的组合;特别地,AK9(GOST1583)、Silafont[®]36(Rheinfelden Alloys)、trimal[®]37(Trimet)和其它合金是已知的。硬化显著地使铸件生产周期复杂化,因为这会引起铸件的翘曲(特别是当使用水淬时)、尺寸变化和裂纹。

[0005] 在专利RU2660492中公开的NITU MISIS发明是已知的。用于铸造状态的材料含有5.4-6.4重量%的钙、0.3-0.6重量%的硅和0.8-1.2重量%的铁。所提出的发明的缺点包括不超过2.6%的低相对伸长率,这限制了材料在核心铸件中的使用。

[0006] 已知用于汽车和航空航天应用的结构部件的Al-Ni-Mn铸造合金是由Alcoa开发并在专利US6783730B2(2004年8月31日公布)中公开的品牌硅铝合金的替代物。在2-6重量%的Ni、1-3重量%的Mn、1重量%的Fe、小于1重量%的硅的情况下,以及在其它不可避免的杂质的情况下,该合金可用于生产具有铸造和机械性能的良好组合的铸件。所提出的发明的缺点包括以下事实:通过使用高纯度铝等级和高镍含量来确保高水平的铸造和机械性能,这显著增加了所生产的铸件的成本。此外,所提出的材料在整个浓度范围内是不可热处理的,这限制了其使用。同时,铸件的耐腐蚀性在高镍浓度区域中显著降低。

[0007] 基于Al-Ni和Al-Ni-Mn体系的铸造铝合金和由其生产铸造部件的方法是已知的,其描述于Alcoa发明US8349462B2(2013年1月8日公布)和Rheinfelden Alloys GmbH&Co.KG的申请EP2011055318中。该发明提出用于铸造应用的合金组合物。在所提出的发明中常见的是1-6%的高镍含量,这决定了主要缺点在于耐腐蚀性显著降低。由于相对低的镍和锰含量,铸造合金具有低水平的强度特性。

[0008] 已知的是由NITU MISIS提出并在2013年3月27日公布的俄罗斯专利2478131C2中公开的基于Al-Ni-Mn体系的材料。该材料含有1.5-2.5重量%的Ni、0.3-0.7重量%的Fe、1-2重量%的Mn、0.02-0.2重量%的Zr、0.02-0.12重量%的Sc和0.002-0.1重量%的Ce。由退

火(不使用淬火操作)后的合金制成的铸件的特征在于至少250MPa的极限电阻和至少4%的伸长率。这种合金的第一个缺点是其形成集中孔隙的趋势增加,这使得难以获得高品质的相对大的铸件。第二个缺点是需要使用较高的铸造温度,这在铸造厂的条件下无法总能实现。

[0009] 与所提出的材料最接近的材料是于<https://doi.org/10.1016/j.msea.2019.138410>处可获得的出版物中所公开的材料,其含有(重量%):Al-3.5%Ca-0.9%Mn-0.5%Fe-0.1%Zr-0.1%Sc。该出版物的作者认为此材料是变形合金,其过程链不包括水淬。该出版物显示了将该出版物中提到的合金用于铸件和在铸造状态下使用的非显而易见性。所提出的发明的缺点包括存在昂贵的钪,以及需要使用热处理来实现锆和钪的联合添加的硬化效果。

发明内容

[0010] 本发明的目的是创造一种新的铸造铝合金,其设计成通过各种铸造成金属模具的方法生产薄壁铸件,特别是重力铸造、高压铸造、低压铸造、液态锻造,但不限于满足一组工艺和腐蚀特性的规定要求。

[0011] 本发明的技术结果是提供铸造中的工艺特性和耐腐蚀性的给定组合。

[0012] 该技术结果通过提出具有以下合金元素浓度的铝基铸造合金来实现:

[0013] 1.5-5.1重量%的钙

[0014] 0.1-1.8重量%的锌

[0015] 至多0.7重量%的铁

[0016] 至多1.0重量%的硅

[0017] 任选地,至少一种选自下组的元素:

[0018] 0.2-2.5重量%的锰

[0019] 0.005-0.1重量%的钛

[0020] 0.05-0.14重量%的锆

[0021] 0.05-0.15重量%的铬

[0022] 余量的铝和不可避免的杂质。

[0023] 在具体形式中,钙和锌在结构中主要以共晶颗粒的形式呈现。该合金以铸件的形式制成。

[0024] 不超出第一权利要求所限定的本发明范围的各种修改和改进是允许的。

具体实施方式

[0025] 由于所选择的合金元素的组合,所提出的合金的特征在于结晶间隔窄,其与大量的共晶相组合提供了良好水平的铸造特性,并且归结于溶解在铝固溶体中的元素,即在铸造状态下具有令人满意水平的强度特性。同时,对于所选择的合金元素的各种组合,所要求保护的范围内的耐腐蚀性保持在良好的水平。

[0026] 合金元素的可接受选择的基本标准是所需结构的形成,不包括粗初晶的存在和/或共晶相的粗化;浓度范围的合理性说明如下。

[0027] 1.5-5.1重量%的钙和0.1-1.8重量%的锌的浓度提供良好的铸造性能,因为钙和

锌主要形成足够量的共晶相。钙和锌的联合引入的主要作用是形成联合共晶相Al₁₄(Ca, Zn),其中锌原子取代钙。结果,强度特性的水平进一步提高。如果钙含量低于所述水平,将导致铸造特性降低。如果锌降低到低于所述水平,则不会观察到强度特性的显著增加。超过所述水平的钙和锌含量将导致粗糙结构的形成和机械性能的显著降低。

[0028] 铁和硅含量主要由用于制备合金的铝的纯度决定。然而,铁和硅也可以用作合金元素,因为至多1.0重量%的量的硅在固溶体和共晶之间再分配,这一方面由于在铸造状态下额外的固溶体硬化而提供强度特性的增加,另一方面通过增加共晶而积极地影响合金铸造特性。由于较高的硅含量,共晶相的形态劣化,这通常降低强度特性。至多0.5重量%的量的铁主要形成共晶来源的相,其通过增加共晶的量而积极地影响合金的铸造特性。铁浓度增加超过0.5重量%可能导致共晶相粗化,结果导致机械性能降低。

[0029] 为了通过提供固溶体硬化来提高强度特性,主要是在铸造状态下,至多2.5重量%的量的锰是必要的。当锰含量高于2.5重量%时,Al₆(Fe,Mn)相的初晶可在结构中形成,这可导致机械特性的降低。低于0.2重量%的锰含量不会导致显著的固溶体硬化,因此强度特性的增加较小。

[0030] 分别在0.05-0.14重量%和0.05-0.15重量%的规定限度内的锆和铬是提供固溶体硬化所必需的。较低浓度的这些元素不会导致铸造状态下强度特性的显著增加。较大的量将需要比一般的铸造温度更高的铸造温度,这将降低铸造模具的稳定性;否则,形成Al₇Cr和Al₃Zr相的初晶的可能性高,这不会由于引入这些元素而增加机械性能的水平。

[0031] 需要0.005-0.1重量%的钛来将铝固溶体改性。结构中较高的钛含量可能导致初晶的出现,这将降低机械性能的总体水平,而较低的钛含量将不能实现该元素的积极效果。钛可以作为多组分连接物引入,例如Al-Ti-b和/或Al-Ti-c,使得合金可以在具有钛的化合物中含有硼和碳,其量与相应连接物的含量成比例。对于所讨论的范围,作为独立元素的硼和碳对机械和铸造性能没有显著影响。此外,在钛的存在下,在一些情况下注意到在铸造期间形成热裂纹的倾向降低。

[0032] 实施例

[0033] 使用以下装载材料制备合金(重量%):铝等级A99和A8,锌等级C0,钙作为金属钙和连接物Al-6Ca,锰作为连接物Al-10%Mn,连接物Al-10%Zr,Al-10%Cr,Al-5%Ti。

[0034] 实施例1

[0035] 为了评价合金元素对结构和性能的影响,在实验室条件下制备13种合金组合物(表1)。

[0036] 表1-实验合金的化学组成(重量%)

[0037]	编号	Si	Fe	Ca	Zn	Mn	Ti	Cr	Zr
	1	1.0	0.08	1.5	0.1	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
	2	0.05	0.2	3.5	0.8	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
	3	0.08	0.7	5.1	1.8	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
	4	0.08	0.5	2.8	0.1	1.2	<0.001	<0.001	<0.001
	5	0.22	0.08	3.8	1.3	0.9	<0.001	<0.001	<0.001
	6	1.0	0.2	5.0	1.6	0.2	<0.001	<0.001	<0.001
	7	0.08	0.1	5.1	1.5	0.9	0.01	<0.001	<0.001
	8	0.01	0.01	1.5	0.1	2.5	0.005	<0.001	<0.001
	9	0.5	0.5	2.0	0.4	1.5	0.05	<0.001	<0.001
	10	0.08	0.1	4.8	1.8	0.8	<0.001	0.05	0.12
	11	0.61	0.5	5.0	1.4	0.9	0.002	0.15	0.14
	12	0.16	0.19	2.3	0.32	1.2	0.1	0.10	0.09
	13	0.05	0.08	1.5	0.45	1.5	0.01	0.05	0.05

[0038] 其它元素的含量通常不超过0.05重量%。合金的化学组成选自获得由铝固溶体和共晶组分组成的结构的条件。在金属模具中重力铸造试样，“单独铸造的样品”。模具温度可以在20-60℃的范围内变化。铸件是直径为10mm且估算长度为50mm的拉伸试样，其在铸造后立即进行拉伸测试（测定屈服强度、拉伸强度和伸长率）而不进行机械加工。从试样头部评价试样的结构。

[0039] 表2-铸造状态下的机械性能（重力铸造到金属模具中）

[0040]	编号 *	σ_t , MPa	$\sigma_{0.2}$ (MPa)	δ , %
	1	165	74	4.5
	2	181	101	3.9
	3	176	123	2.0
	4	191	118	2.4
	5	202	143	3.1
	6	212	166	2.1
	7	179	155	1.0
	8	152	109	3.1
	9	150	90	2.0
	10	235	179	2.0
	11	229	204	1.2
	12	201	130	3.1
	13	191	124	3.6

[0041] *-表1的组合物

[0042] 对所研究合金的结构分析表明，表1所考虑的组成的结构主要由铝固溶体和由相应元素形成的共晶相组成。同时，所有实验合金中的钙和锌主要以共晶颗粒的形式呈现。

[0043] 组合物2、5和12是优选的，因为它们在铸造状态下使用时具有良好的屈服强度与伸长率之比。使用组合物5的实施例（表1）的最理想的合金结构示于图1中。

[0044] 实施例2

[0045] 所要求保护的合金的组合物2、5、8和11的实施例（表1）的耐腐蚀性通过在以下程

序下暴露于中性盐雾进行的加速腐蚀测试的方法来评价:1个循环:在 $25\pm 1^{\circ}\text{C}$ 的温度下在盐雾室中用5% NaCl溶液喷雾浸泡8小时,然后在不喷洒溶液的情况下于 $35\pm 3^{\circ}\text{C}$ 下浸泡16小时,总共7个循环。通过改变试样的表面外观和腐蚀损坏的深度(金相方法)评价结果。ADC6型合金被用作参照,其特征不在于在铸造铝合金中具有最高的耐腐蚀性。

[0046] 从结果的比较分析可以看出,在测试过程中,所检查的组合物和标准物的表面颜色从银变为银黄,并且单个表面损伤至多10微米,且没有明显的腐蚀损伤。

[0047] 实施例3

[0048] 使用热脆性(HB)参数,使用“竖琴铸造(harp casting)”评价铸造特性,其中最佳指标是获得具有最大“棒”长度的铸件(图2)。使用合金2、4和12作为实施例(表1)评价热裂纹的倾向。ADC6型合金用作比较。显示了合金2、4和12中没有裂纹(表1),这在大多数Al-Si合金的水平上是良好的指标,相比之下,对于ADC6合金,从最大长度开始铸造的约40%的棒失效。

[0049] 实施例4

[0050] 为了评价合金12(表1)的机械性能,通过注塑(HPDC)铸造2mm厚的板。通过模具的真空化进行铸造。模具温度为约 150°C 。熔体的温度为 710°C 。从铸造的板上切割的样品的拉伸测试结果示于表3中。

[0051] 表3-2mmHPDC铸造板(铸造状态)的拉伸测试结果

[0052]

σ_t , MPa	$\sigma_{0.2}$ (MPa)	δ , %
212	112	9.5

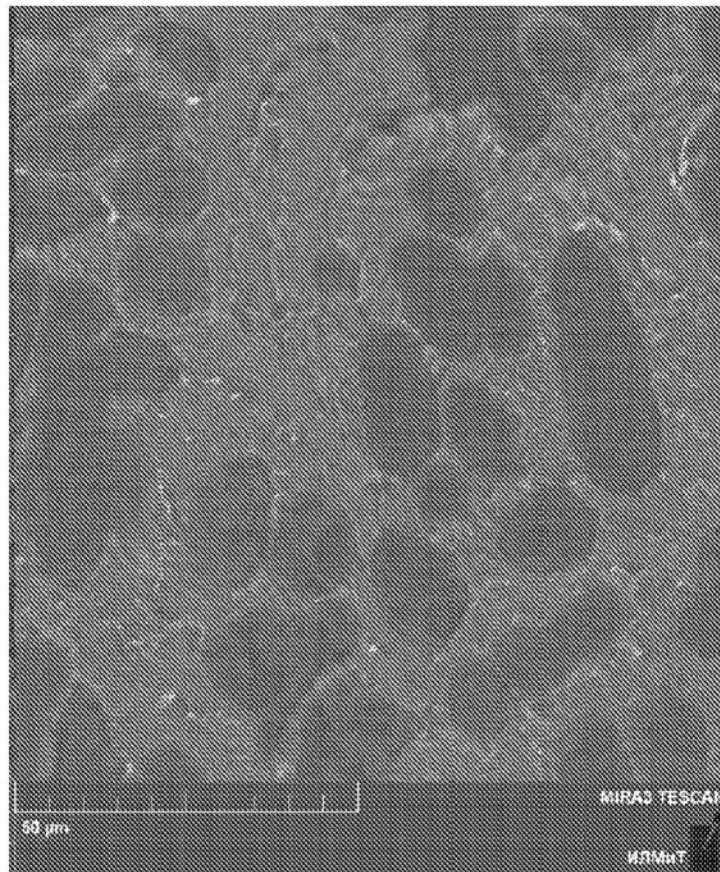


图1

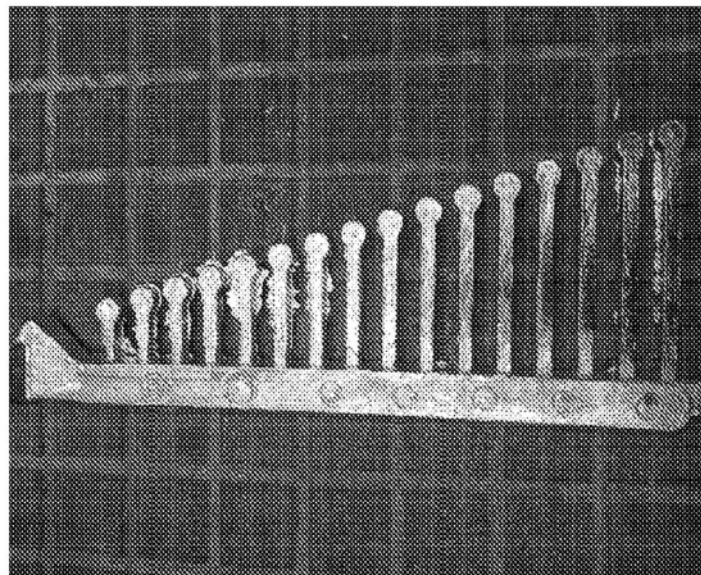


图2