



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107667184 B

(45)授权公告日 2020.03.06

(21)申请号 201680031149.3

(22)申请日 2016.05.26

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 107667184 A

(43)申请公布日 2018.02.06

(30)优先权数据

62/168,194 2015.05.29 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2017.11.28

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2016/034260 2016.05.26

(87)PCT国际申请的公布数据

W02016/196166 EN 2016.12.08

(73)专利权人 奥科宁克公司

地址 美国宾夕法尼亚州

(72)发明人 J·D·布赖恩特 C·E·韦勒

D·C·穆伊 Z·D·麦森

(74)专利代理机构 北京市联德律师事务所

11361

代理人 黄大正 王璐

(51)Int.Cl.

C22C 21/02(2006.01)

C22C 21/08(2006.01)

C22C 21/18(2006.01)

C22F 1/043(2006.01)

C22F 1/047(2006.01)

C22F 1/057(2006.01)

(56)对比文件

US 5514228 A, 1996.05.07, 全文.

CN 104364409 A, 2015.02.18, 全文.

CN 103484729 A, 2014.01.01, 全文.

CN 103834885 A, 2014.06.04, 全文.

CN 101225491 A, 2008.07.23, 全文.

CN 102703773 A, 2012.10.03, 全文.

CN 1697888 A, 2005.11.16, 说明书第9、10、11页.

US 5718780 A, 1998.02.17, 全文.

JP H0881744 A, 1996.03.26, 全文.

US 2005183801 A1, 2005.08.25, 全文.

审查员 辛彩萍

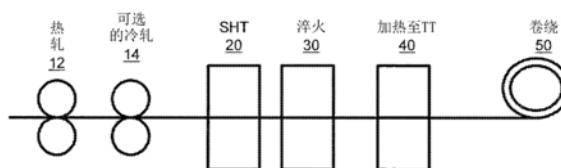
权利要求书2页 说明书7页 附图6页

(54)发明名称

6xxx铝合金及其制备方法

(57)摘要

本发明公开了新型6xxx铝合金板材产品及其制备方法。所述新方法可包括制备用于固溶热处理的6xxx铝合金板材产品,对所述6xxx铝合金板材产品进行固溶热处理,然后淬火,接着将所述6xxx铝合金板材产品暴露于30℃至60℃的处理温度0.2至300秒。在所述暴露步骤之后,可将所述6xxx铝合金板材产品卷绕,然后放置在大气环境中。由于所述后淬火加热并随后暴露于环境中,可引起预选量的牛顿冷却,从而在所述6xxx铝合金板材产品中形成独特一致的微观结构。



1. 一种方法,包括:

(a) 制备用于固溶热处理的6xxx铝合金板材产品;

(b) 在制备步骤之后,对所述6xxx铝合金板材产品进行固溶热处理,然后淬火,其中在所述淬火之后,所述6xxx铝合金板材产品处于环境温度;

(c) 在固溶热处理和淬火步骤之后,将所述6xxx铝合金板材产品暴露于30℃至60℃的处理温度0.2至300秒,其中所述暴露步骤包括将所述6xxx铝合金板材产品加热至所述处理温度;

(d) 在暴露步骤之后,将所述6xxx铝合金板材产品卷绕成经卷绕的6xxx铝合金板材产品;

(e) 在卷绕步骤之后,将所述经卷绕的6xxx铝合金板材产品移动到大气环境中。

2. 根据权利要求1所述的方法,还包括:

在所述暴露步骤之前,确定所述大气环境的环境温度;以及
根据所述环境温度选择所述处理温度。

3. 根据权利要求1所述的方法,包括:

将所述经卷绕的6xxx铝合金板材产品从所述处理温度冷却至环境温度,其中所述冷却包括牛顿冷却。

4. 根据权利要求1所述的方法,其中所述6xxx铝合金是AA6111。

5. 根据权利要求1所述的方法,其中所述暴露包括通过红外或感应加热设备来加热所述6xxx铝合金板材产品。

6. 根据权利要求5所述的方法,其中所述6xxx铝合金在所述红外或感应加热设备中的停留时间为0.2至5秒。

7. 根据权利要求6所述的方法,其中所述暴露步骤(c)包括将所述6xxx铝合金板材产品暴露于30℃至55℃的处理温度。

8. 根据权利要求6所述的方法,其中所述暴露步骤(c)包括将所述6xxx铝合金板材产品暴露于30℃至50℃的处理温度。

9. 根据权利要求6所述的方法,其中所述暴露步骤(c)包括将所述6xxx铝合金板材产品暴露于30℃至低于50℃的处理温度。

10. 根据权利要求6所述的方法,其中所述暴露步骤(c)包括将所述6xxx铝合金板材产品暴露于30℃至45℃的处理温度。

11. 根据权利要求1所述的方法,其中所述6xxx铝合金是AA6022、AA6016、AA6014或AA6013。

12. 根据权利要求5所述的方法,其中所述6xxx铝合金在所述红外或感应加热设备中的停留时间为0.2至4秒。

13. 根据权利要求5所述的方法,其中所述6xxx铝合金在所述红外或感应加热设备中的停留时间为0.2至3秒。

14. 根据权利要求5所述的方法,其中所述6xxx铝合金在所述红外或感应加热设备中的停留时间为0.2至2秒。

15. 根据权利要求5所述的方法,其中所述加热至少与所述制备步骤步骤(a)和所述固溶热处理然后淬火步骤(b)连续串行地发生。

16. 根据权利要求1所述的方法, 其中在所述暴露步骤(c) 期间非等温地加热所述6xxx铝合金板材产品。

17. 根据权利要求1所述的方法, 其中所述6xxx铝合金板材产品是AA6111铝合金板材产品, 并且其中所述AA6111铝合金板材产品在淬灭后三十(30) 天时实现至少145Mpa的拉伸屈服强度。

18. 一种方法, 包括:

(a) 制备用于固溶热处理的6xxx铝合金板材产品;

(b) 在制备步骤之后, 对所述6xxx铝合金板材产品进行固溶热处理, 然后淬火, 其中在所述淬火之后, 所述6xxx铝合金板材产品处于环境温度;

(c) 在所述固溶热处理和淬火步骤之后, 将所述6xxx铝合金板材产品暴露于30℃至45℃的处理温度0.2至5秒, 其中所述暴露步骤包括将所述6xxx铝合金板材产品加热至所述处理温度;

(d) 在所述暴露步骤之后, 将所述6xxx铝合金板材产品卷绕成经卷绕的6xxx铝合金板材产品;

(e) 在所述卷绕步骤之后, 将所述经卷绕的6xxx铝合金板材产品移动到大气环境中。

19. 根据权利要求18所述的方法, 其中所述6xxx铝合金板材产品是AA6111铝合金板材产品, 并且其中所述AA6111铝合金板材产品在淬灭后三十(30) 天时实现至少145Mpa的拉伸屈服强度。

6xxx铝合金及其制备方法

背景技术

[0001] 6xxx铝合金是以镁和硅为主要合金元素的铝合金。6xxx合金由于镁-硅和/或镁-硅-铜相的沉淀而可通过适当的回火操作来得到加固。然而,要改善6xxx铝合金的一种特性而不使另一种特性退化往往很不容易。例如,很难在不降低6xxx合金延展性的情况下增大合金的强度。铝合金的其他受关注的特性包括耐腐蚀性和焊接性等。

发明内容

[0002] 本专利申请广义上涉及生产6xxx铝合金板材产品的新方法。这些新方法可得到具有更一致特性的产品。现在参见图1,方法可包括下列步骤:制备(10)用于固溶热处理(20)和后续淬火(30)的6xxx铝合金板材产品。在淬火(30)之后,该方法可包括将6xxx铝合金板材产品加热(40)至处理温度(例如,30℃至60℃,保持0.2至300秒),然后卷绕(50)6xxx铝合金板材产品。接着,经卷绕的6xxx铝合金板材产品可暴露于环境条件(60)下。在一个实施例中,至少固溶热处理(20)、淬火(30)、加热(40)和卷绕(50)步骤连续串行地进行。至少由于加热步骤(40),经卷绕的6xxx铝合金板材产品可实现更一致的改进强度特性。例如,6xxx铝合金板材产品可实现更一致的强度和延展性,有利于达到一致的客户技术规范和/或有利于达到更一致的压印和/或最终强度(例如,对于汽车制造商)。

[0003] 仍然参见图1,制备步骤(10)可包括制备6xxx铝合金板材产品的任何合适常规操作。例如,现在参见图1-3,制备步骤(10)可包括铸造(例如连续铸造、DC铸锭铸造)(步骤未示出)、热轧(12)、可选的冷轧(14),以及在热轧(12)和/或冷轧(14)任意步骤之间或之后的任意数目的合适退火步骤(未示出)。热轧(12)和任何可选的冷轧(14)可在适合得到最终规格产品的任何数目的步骤中完成。轧制完成之后,6xxx铝合金板材产品可能处于最终规格。ANSI H35.2将板材产品定义为最终规格厚度为0.006至0.249英寸的产品,该定义适用于本文所述的6xxx铝合金板材产品。在一个实施例中,制备步骤(10)包括连续铸造、然后串行地轧制6xxx铝合金板材产品以及任选的任何合适的退火步骤。

[0004] 仍然参见图1-3,在制备步骤(10)之后,6xxx铝合金板材产品经固溶热处理(20),然后被淬火(30)。在一个实施例中,固溶热处理(20)和淬火(30)步骤至少与热轧(12)和任何可选的冷轧(14)步骤连续串行地完成。在一个实施例中,固溶热处理(20)和淬火(30)与铸造、热轧(12)和任何可选的冷轧(14)步骤连续串行地完成。

[0005] 固溶热处理步骤(20)将6xxx铝合金板材产品加热到高到足以使合金固溶(例如将可溶性颗粒置于固溶体中)的温度。然后,通常通过使6xxx铝合金板材产品与液体(例如水)和/或气体(例如空气)接触,立即将6xxx铝合金板材产品淬火(30)。在淬火步骤(30)之后,6xxx铝合金板材产品通常处于环境温度。

[0006] 在淬火(30)后,然后将6xxx铝合金板材产品加热(40)到30℃至60℃的处理温度,保持0.2至300秒。加热步骤(40)进行足够长的时间,以使得6xxx铝合金板材产品达到处理温度。在达到处理温度之后,可以从加热设备(例如红外或感应加热设备)中取出6xxx铝合金板材产品,然后加以卷绕(60)。换言之,6xxx铝合金板材产品通常不明显地保持在处

理温度下,这可导致对产品进行等温处理。在这方面,6xxx铝合金板材产品在加热设备中的停留时间可为0.2-300秒。在一个实施例中,6xxx铝合金板材产品在加热设备中的停留时间可为0.2-150 秒。在另一个实施例中,6xxx铝合金板材产品在加热设备中的停留时间可为0.2-75秒。在又一个实施例中,6xxx铝合金板材产品在加热设备中的停留时间可为0.2-30秒。在另一个实施例中,6xxx铝合金板材产品在加热设备中的停留时间可为0.2-15秒。在又一个实施例中,6xxx铝合金板材产品在加热设备中的停留时间可为0.2-10秒。在另一个实施例中,6xxx铝合金板材产品在加热设备中的停留时间可为0.2-5 秒。在又一个实施例中,6xxx铝合金板材产品在加热设备中的停留时间可为0.2-4秒。在另一个实施例中,6xxx铝合金板材产品在加热设备中的停留时间可为0.2-3秒。在又一个实施例中,6xxx铝合金板材产品在加热设备中的停留时间可为0.2-2秒。在一个实施例中,加热步骤(40)与至少热轧(12)、可选的冷轧(14)、固溶热处理(20)和淬火步骤(30)连续串行地发生,并可选地与铝合金的初始铸造串行地发生。

[0007] 加热步骤(40)的处理温度通常在30℃至60℃的范围内。如以下示例中的数据所示,加热步骤(40)可稳定产品并为客户(例如,为汽车制造商)提供更一致的可直接使用的特性。在一个实施例中,加热步骤(40)的处理温度为30℃至55℃。在另一个实施例中,加热步骤(40)的处理温度为30℃至 50℃。在又一个实施例中,加热步骤(40)的处理温度高于30℃但低于 50℃。在一个实施例中,6xxx铝合金板材产品是AA6111铝合金板材产品,需要在淬灭后三十(30)天时至少145MPa可直接使用的拉伸屈服强度。在本实施例中,加热步骤(40)的处理温度可为例如30℃至45℃。

[0008] 在加热步骤(40)之后,通常将6xxx铝合金板材产品卷绕(50)。卷绕(50)可包括任何常规的卷绕操作,包括产品的拉平。在卷绕步骤(50)之后,6xxx铝合金板材产品通常置于/暴露于大气环境(60)中。由于加热步骤(40),经卷绕的6xxx铝合金板材产品通常比环境温度更高,因此经卷绕的6xxx铝合金板材产品可在一段时间内自然冷却(牛顿冷却)至环境温度。

[0009] 加热(40)和通过暴露于环境(60)来牛顿冷却的组合可赋予6xxx铝合金板材产品独特一致的微观结构,从而赋予经卷绕的6xxx铝合金板材产品一致的特性。实际上,对于任何给定的大气环境,可相对于预定的卷绕尺寸和/或卷绕目标温度导出牛顿冷却曲线。因此,现在参见图1和图4,方法可包括确定环境温度(100),诸如可存储经卷绕的6xxx铝合金板材产品的位置的环境温度。然后可向与加热步骤(40)的后淬火加热设备相关的控制器提供该环境温度信息(200)。因此,可以基于所确定的环境温度来选择和控制后淬火处理温度(300),并且加热步骤(40)可以在所选择的处理温度下完成(400),以向经卷绕的6xxx铝合金板材产品提供合适量的牛顿冷却。然后可将后淬火经热处理的6xxx铝合金板材产品卷绕并置于大气环境中(500),在这种情况下经卷绕的6xxx铝合金板材产品可实现选定量的牛顿冷却,从而实现独特一致的微观结构。在一些实施例中,在加热步骤(400)之前,可以选择预定的牛顿冷却曲线,并且可以基于预定的牛顿冷却曲线和环境温度来选择加热步骤(40)的处理温度,从而有利于实现选定量的牛顿冷却。这种方法可任选地包括将经卷绕的产品运送至客户(600)。由于本文所述的独特方法,由客户按原样接收的产品因此可始终满足客户技术规范。

[0010] 实际上,现在参见图5,由于本文所述的独特方法,由客户按原样接收的产品可始

终满足客户技术规范,并且客户可以能够更容易地形成一致的最终产品(700)(例如,冲压成汽车部件)。在成型(700)之后,可对最终产品涂漆,然后烧制(800)(例如在180℃下烧制20分钟),这可用作对6xxx铝合金板材产品的人工老化处理。经过涂漆和烧制的最终产品因此也可实现一致的特性。本文所述的新方法可适用于任何行业,但是特别适合可能需要一致的可直接使用特性的汽车行业。

[0011] 本文所述的新方法可适用于任何合适的6xxx铝合金。在一个实施例中,6xxx铝合金是AA6111铝合金,具有0.6重量%-1.1重量%的Si、0.5重量%-1.0重量%的Mg、0.50重量%-0.9重量%的Cu、0.10重量%-0.45重量%的Mn、至多0.40重量%的Fe、至多0.10重量%的Cr、至多0.15重量%的Zn、至多0.10重量%的Ti,其余为铝和不可避免的杂质。

[0012] 在另一个实施例中,6xxx铝合金是AA6022铝合金,具有0.8重量%-1.5重量%的Si、0.45重量%-0.7重量%的Mg、0.01重量%-0.11重量%的Cu、0.02重量%-0.10重量%的Mn、0.05重量%-0.20重量%的Fe、至多0.10重量%的Cr、至多0.25重量%的Zn、至多0.15重量%的Ti,其余为铝和不可避免的杂质。

[0013] 在另一个实施例中,6xxx铝合金是AA6016铝合金,具有1.0重量%-1.5重量%的Si、0.25重量%-0.6重量%的Mg、至多0.20重量%的Cu、至多0.20重量%的Mn、至多0.50重量%的Fe、至多0.10重量%的Cr、至多0.20重量%的Zn、至多0.15重量%的Ti,其余为铝和不可避免的杂质。

[0014] 在另一个实施例中,6xxx铝合金是AA6014铝合金,具有0.30重量%-0.6重量%的Si、0.40重量%-0.8重量%的Mg、至多0.25重量%的Cu、0.05重量%-0.20重量%的Mn、至多0.35重量%的Fe、至多0.20重量%的Cr、至多0.10重量%的Zn、0.05重量%-0.20重量%的V、至多0.10重量%的Ti,其余为铝和不可避免的杂质。

[0015] 在另一个实施例中,6xxx铝合金是AA6013铝合金,具有0.6重量%-1.0重量%的Si、0.8重量%-1.2重量%的Mg、0.6重量%-1.1重量%的Cu、0.20重量%-0.8重量%的Mn、至多0.50重量%的Fe、至多0.10重量%的Cr、至多0.25重量%的Zn、至多0.10重量%的Ti,其余为铝和不可避免的杂质。

[0016] 该新技术的这些和其他方面、优点和新颖特征部分地阐述于以下说明中,并且对于本领域技术人员而言将在检视以下说明和附图后变得显而易见,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。

附图说明

[0017] 图1是示出制备经卷绕的6xxx铝合金产品的新方法的一个实施例的流程图。

[0018] 图2是用于实现图1方法的设备的一个实施例的示意图。

[0019] 图3是根据图1-2制备的6xxx铝合金产品的热暴露计划表的图示(未按比例绘制)。

[0020] 图4是示出选择后淬火处理温度的方法的一个实施例的流程图。

[0021] 图5是示出图4的附加实施例的流程图。

[0022] 图6是示出实例2合金的拉伸屈服强度特性作为后淬火时间(热处理时间加上后续自然老化时间)的函数的图。

具体实施方式

[0023] 以下实例至少部分地有助于说明本文所述技术的各种相关方面。除非另外指明，否则所有机械性能(强度、伸长率)均按照ASTM E8(修订版 13a)和ASTM B557(修订版14)沿长横向(LT)方向进行测试。除非另外指明，否则所有报告值均为至少两个重复样本的平均值。拉伸屈服强度可缩写为“TYS”，并以MPa表示，除非另外指明。极限拉伸强度可缩写为“UTS”，并以MPa表示，除非另外指明。伸长率可缩写为“Elong.”，并以百分比(%)表示，除非另外指明。自然老化可缩写为“NA”。模拟烤漆可缩写为PB。后淬火可标记为“PQ”。处理温度可缩写为“TT”。

[0024] 实例1-6111合金的等温测试

[0025] 通过下列方式制备6111合金板材产品：热轧6111铝合金锭以形成中间规格产品，然后冷轧该产品至约2.7mm的最终规格。接着对最终规格产品进行固溶热处理并淬火。然后将产品各部分放置在合适的加热或冷却设备中，使产品各部分处于0、10、21或38℃的等温保持温度下。然后将产品在保持温度下保持约4天。随后，从设备中取出产品并让其达到环境温度(下文将这些产品称为“0天自然老化”或“0-NA”)，之后测量拉伸屈服强度(TYS)。然后将一些产品在环境温度下自然地老化10或26天，之后测量TYS(LT)(下文将这些产品分别称为“10天自然老化”或“10-NA”以及“26天自然老化”或“26-NA”)。接下来，对一些产品施以模拟烤漆(PB)循环(180℃，保持20分钟)，之后再次测量TYS(LT)。下表1包括实测TYS(LT)值。

[0026] 表1-T4实例1合金的测量的TYS(LT)值(以MPa表示)

| 样品 | 0℃ 保持温度 | 10℃ 保持温度 | 21℃ 保持温度 | 38℃ 保持温度 |
|-------------------|------------|-------------|-------------|-------------|
| 样品 1 (0-NA) | 94 | 113 | 124 | 128 |
| 样品 2 (10-NA) | 142 | 142 | 138 | 131 |
| 样品 3 (26-NA) | 147 | 147 | 141 | 132 |
| 最大方差 | 54 | 34 | 17 | 3 |
| | | | | |
| 样品 4 (0-NA + PB) | 146 | 141 | 143 | 155 |
| 样品 5 (10-NA + PB) | 141 | 140 | 145 | 156 |
| 样品 6 (26-NA + PB) | 139 | 140 | 145 | 156 |
| 最大方差 | -7 | -1 | 2 | 1 |

[0027] 如表1所示，对处于38℃保持温度下的合金而言，在烤漆循环之前所测试合金的TYS(LT)最为一致(即，最大方差小)。表1还表明，对于保持在38℃温度下的合金而言，在PB后绝对TYS(LT)值最高，并显示最小的方差。如下表2所示，对处于38℃保持温度下的合金而言，烤漆响应也更加一致(即，最大方差小)。烤漆响应是NA+PB和NA样品之间的强度差异。另外，在自然老化10天和26天(在38℃温度下保持4天后)时烤漆响应高于所测试的任何其他保持温度。

[0028] 表2-实例1合金由于模拟烤漆导致的强度增加(以MPa表示)

| | | | | | |
|--------|-----------|------------|-------------|-------------|-------------|
| [0030] | | 0℃ 保持温度 | 10℃ 保持温度 | 21℃ 保持温度 | 38℃ 保持温度 |
| | 样品 4-样品 1 | 52 | 28 | 19 | 27 |
| [0031] | 样品 5-样品 2 | -1 | -2 | 7 | 25 |
| | 样品 6-样品 3 | -8 | -7 | 5 | 24 |
| | 最大方差 | 60 | 35 | 14 | 3 |

[0032] 实例2-6111合金的非等温测试

[0033] 通过下列方式制备6111合金板材产品:热轧6111铝合金锭以形成中间规格产品,然后冷轧该产品至约2.7mm的最终规格。接着对最终规格产品进行固溶热处理并淬火。然后将产品各部分放置在加热设备中,并加热至27、32、38、43和49℃的处理温度(TT)。另外将一些部分放置在环境温度(约23℃)下作为对照。在达到其处理温度之后,接着在48小时内将经加热产品可控地冷却至环境温度(约23℃),以模拟6111板材工业尺寸卷绕的牛顿冷却。然后在不同时间测量样品的机械性能,作为淬火后所测量(以下称为“x天PQ”)。根据ASTM B557测试机械性能。下表3-5包括所测量特性。

[0034] 表3-经牛顿冷却实例2样品的拉伸屈服强度

| 后淬火暴露 (℃) | 至 23℃的牛 顿冷却时间 (小时) | 拉伸屈服强度 | | | | | | 方差 | | | |
|----------------|--------------------------|--------------|---------------|---------------|---------------|----------------|--|----------------|----------------|----------------|-----------------|
| | | 4 天 PQ | 14 天 PQ | 30 天 PQ | 90 天 PQ | 180 天 PQ | | 4 至 14 天 | 4 至 30 天 | 4 至 90 天 | 4 至 180 天 |
| 环境温度 (≈23℃) | 48 | 132 | 144 | 149 | 152 | 155 | | 12 | 17 | 20 | 23 |
| 27 | 48 | 130 | 138 | 143 | 146 | 151 | | 8 | 13 | 16 | 21 |
| 32 | 48 | 129 | 138 | 142 | 146 | 151 | | 9 | 13 | 17 | 22 |
| 38 | 48 | 126 | 134 | 137 | 142 | 146 | | 8 | 11 | 18 | 20 |
| 43 | 48 | 122 | 128 | 133 | 137 | 142 | | 6 | 11 | 15 | 20 |
| 49 | 48 | 121 | 127 | 131 | 134 | 139 | | 6 | 10 | 13 | 18 |

[0036] 表4-经牛顿冷却实例2样品的最终拉伸强度

| 后淬火暴露 (℃) | 至 23℃的牛 顿冷却时间 (小时) | 极限抗拉强度 | | | | | | 方差 | | | |
|----------------|--------------------------|--------------|---------------|---------------|---------------|----------------|--|----------------|----------------|----------------|-----------------|
| | | 4 天 PQ | 14 天 PQ | 30 天 PQ | 90 天 PQ | 180 天 PQ | | 4 至 14 天 | 4 至 30 天 | 4 至 90 天 | 4 至 180 天 |
| 环境温度 (≈23℃) | 48 | 272 | 283 | 288 | 293 | 296 | | 11 | 16 | 21 | 24 |
| 27 | 48 | 269 | 278 | 282 | 287 | 292 | | 9 | 13 | 18 | 23 |
| 32 | 48 | 269 | 278 | 282 | 287 | 292 | | 9 | 13 | 18 | 23 |
| 38 | 48 | 265 | 273 | 276 | 282 | 288 | | 8 | 11 | 17 | 23 |
| 43 | 48 | 263 | 268 | 272 | 278 | 283 | | 5 | 9 | 15 | 20 |
| 49 | 48 | 262 | 266 | 269 | 273 | 278 | | 4 | 7 | 11 | 16 |

[0039] 表5-经牛顿冷却实例2样品的伸长率

| 后淬火暴露 (°C) | 至 23°C 的牛 顿冷却时间 (小时) | 伸长率(%) | | | | | | 方差 | | | |
|------------------------|----------------------------|--------------|---------------|---------------|---------------|----------------|--|----------------|----------------|----------------|-----------------|
| | | 4 天 PQ | 14 天 PQ | 30 天 PQ | 90 天 PQ | 180 天 PQ | | 4 至 14 天 | 4 至 30 天 | 4 至 90 天 | 4 至 180 天 |
| [0040] 环境温度 (≈23°C) | 48 | 27 | 27 | 28 | 27 | 29 | | 0 | 1 | 0 | 2 |
| 27 | 48 | 27 | 28 | 27 | 28 | 28 | | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 32 | 48 | 27 | 28 | 28 | 28 | 28 | | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 38 | 48 | 27 | 27 | 28 | 28 | 28 | | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 43 | 48 | 27 | 27 | 28 | 28 | 29 | | 0 | 1 | 1 | 2 |
| 49 | 48 | 28 | 28 | 28 | 28 | 27 | | 0 | 0 | 0 | 1 |

[0041] 除自然老化特性外,对于经过和未经过2%预拉伸二者(2%预拉伸被用于模拟在汽车冲压期间施加的张力),在180°C的模拟烤漆循环持续20 分钟之后也测量机械性能。下表6-7包括所测量数据。图6示出了后淬火热处理对合金强度特性的影响。未经预拉伸的模拟烤漆合金均实现了26%– 28%的伸长率,经2%预拉伸的模拟烤漆合金均实现了23%– 25%的伸长率。

[0042] 表6-模拟烤漆后经牛顿冷却实例2样品的强度

| 后淬火暴露 (°C) | 至 23°C 的牛 顿冷却时间 (小时) | TYS/(UTS)特性 | | | | |
|----------------------------|----------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|
| | | 4 天 PQ + 180°C/20 分钟 | 14 天 PQ + 180°C/20 分钟 | 30 天 PQ + 180°C/20 分钟 | 90 天 PQ + 180°C/20 分钟 | 180 天 PQ + 180°C/20 分钟 |
| [0043] 环境 温度 (≈23°C) | 48 | 148/(273) | 146/(273) | 147/(273) | 147/(274) | 146/(273) |
| 27 | 48 | 150/(276) | 150/(275) | 149/(274) | 150/(278) | 151/(278) |
| 32 | 48 | 153/(278) | 153/(277) | 154/(279) | 153/(280) | 153/(281) |
| 38 | 48 | 158/(281) | 160/(282) | 158/(283) | 156/(282) | 156/(281) |
| 43 | 48 | 162/(283) | 163/(284) | 160/(284) | 161/(285) | 160/(283) |
| 49 | 48 | 172/(290) | 175/(292) | 171/(291) | 169/(289) | 165/(285) |

[0044] 表7-在2%拉伸和模拟烤漆后经牛顿冷却实例2样品的拉伸屈服强度

| 后淬火暴露 (°C) | 至 23°C 的牛 顿冷却时间 (小时) | TYS/(UTS)特性 | | | |
|------------------------|----------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| | | 4 天 PQ + 2%拉伸+ 180°C/20 分钟 | 14 天 PQ + 2%拉伸+ 180°C/20 分钟 | 30 天 PQ + 2%拉伸+ 180°C/20 分钟 | 90 天 PQ + 2%拉伸+ 180°C/20 分钟 |
| [0045] 环境温度 (≈23°C) | 48 | 190/(280) | 194/(284) | 193/(285) | 194/(286) |
| 27 | 48 | 198/(287) | 199/(289) | 198/(289) | 202/(291) |
| 32 | 48 | 200/(289) | 202/(292) | 200/(291) | 203/(292) |
| 38 | 48 | 203/(292) | 207/(296) | 204/(294) | 209/(296) |
| 43 | 48 | 208/(295) | 211/(297) | 207/(295) | 209/(296) |
| 49 | 48 | 218/(301) | 219/(302) | 213/(300) | 212/(299) |

[0046] 如上文和图6中所示,将样品加热至高于环境温度5°C至26°C,后淬火,并允许这些合金按照大卷绕的牛顿冷却速率缓慢冷却,将导致合金具有更一致的性能。例如,置于环境温度(约23°C)下的对照样品实现了4 至30天(PQ)自然老化强度的显著增加,但模拟烤漆强度有所降低。因为屈服强度变化可能影响金属回弹并且可能最终需要对冲压模具进行重新

调谐（例如加工），因此预期自然老化强度的大幅增加将影响后续成型操作（例如冲压）的一致性。虽然自然老化强度的增加可能不利于一致的冲压性能，但后烤漆强度的降低也是不利的。与23℃和27℃样品相比，置于 32℃至49℃温度下并让其按照大卷绕的牛顿冷却速率慢慢冷却的样品均实现了更高更一致的模拟烤漆响应。此外，如在常规卷绕期间会发生，如果拉平的话，则在32℃至43℃下老化的样品预期将实现至少145MPa的 TYS。

[0047] 虽然已详细描述本文所述新技术的各种实施例，但显然本领域的技术人员将想到这些实施例的修改和改型。然而，应当明确理解，此类修改和改型还是在本公开技术的精神和范围内。

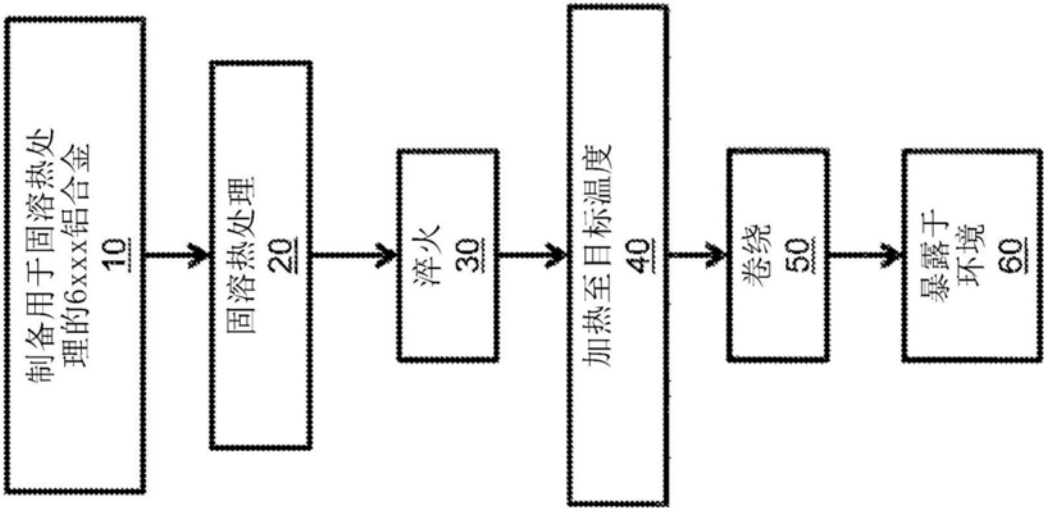


图1

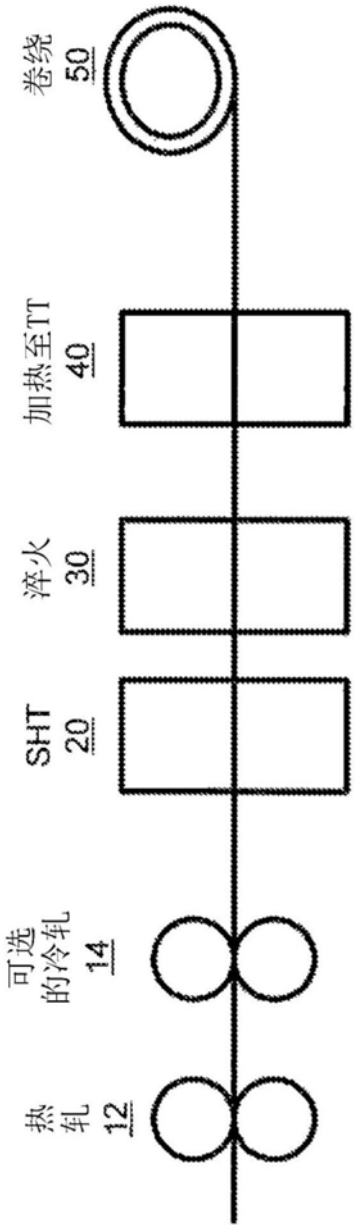


图2

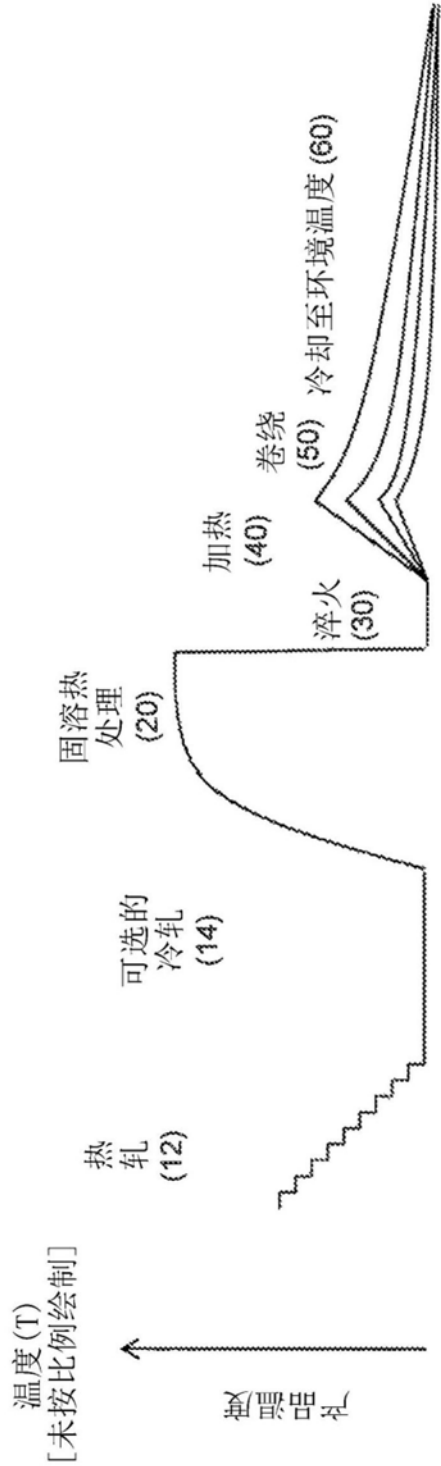


图3

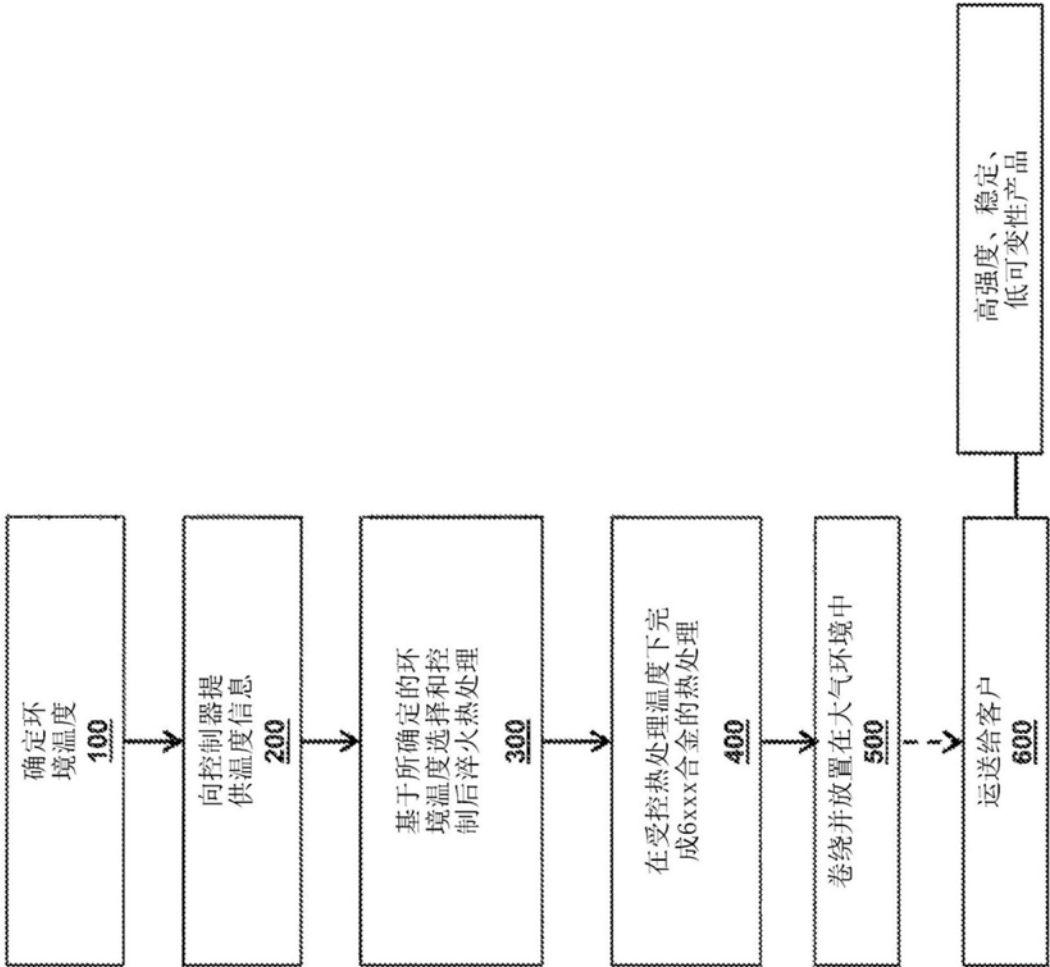


图4

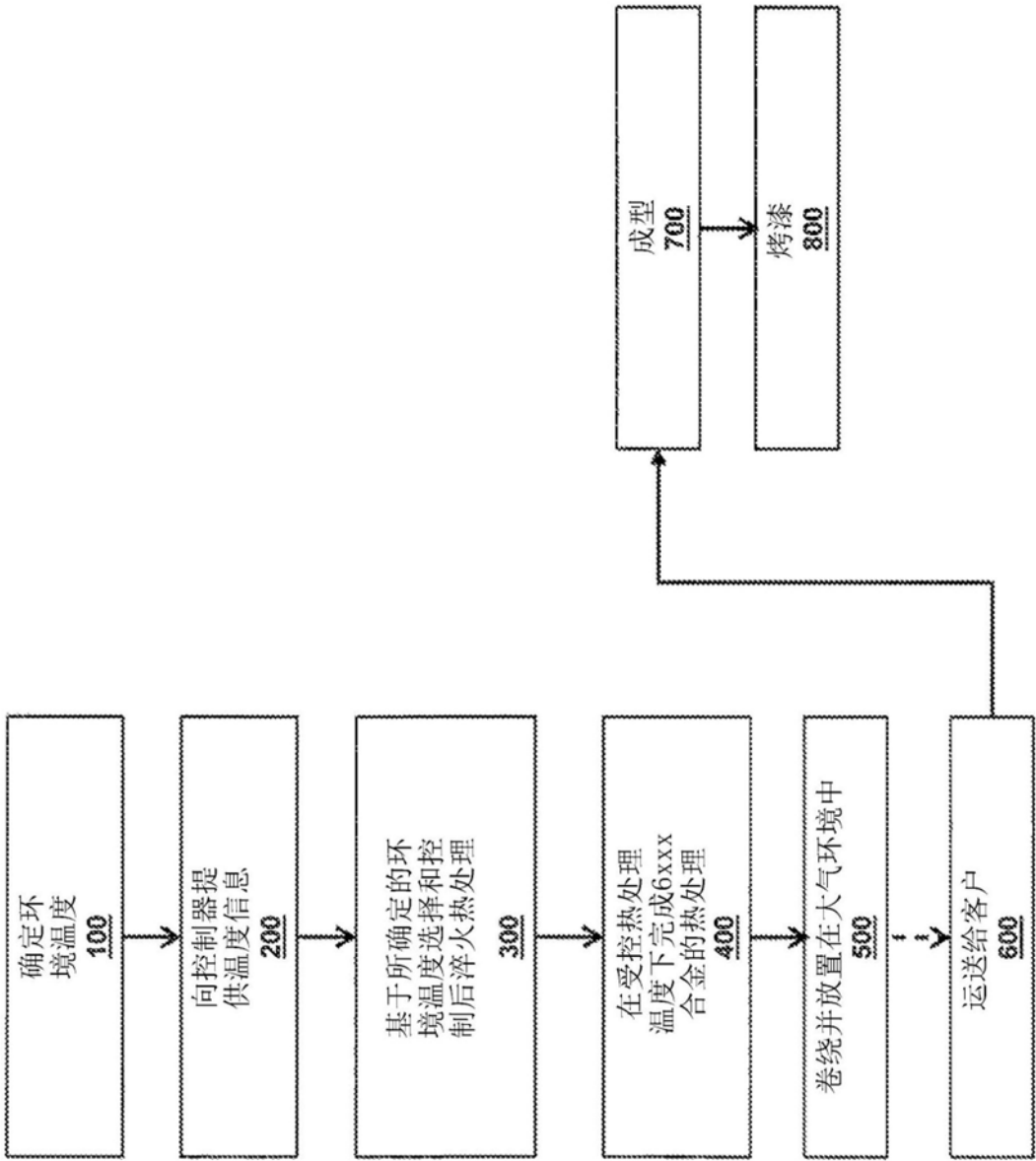


图5

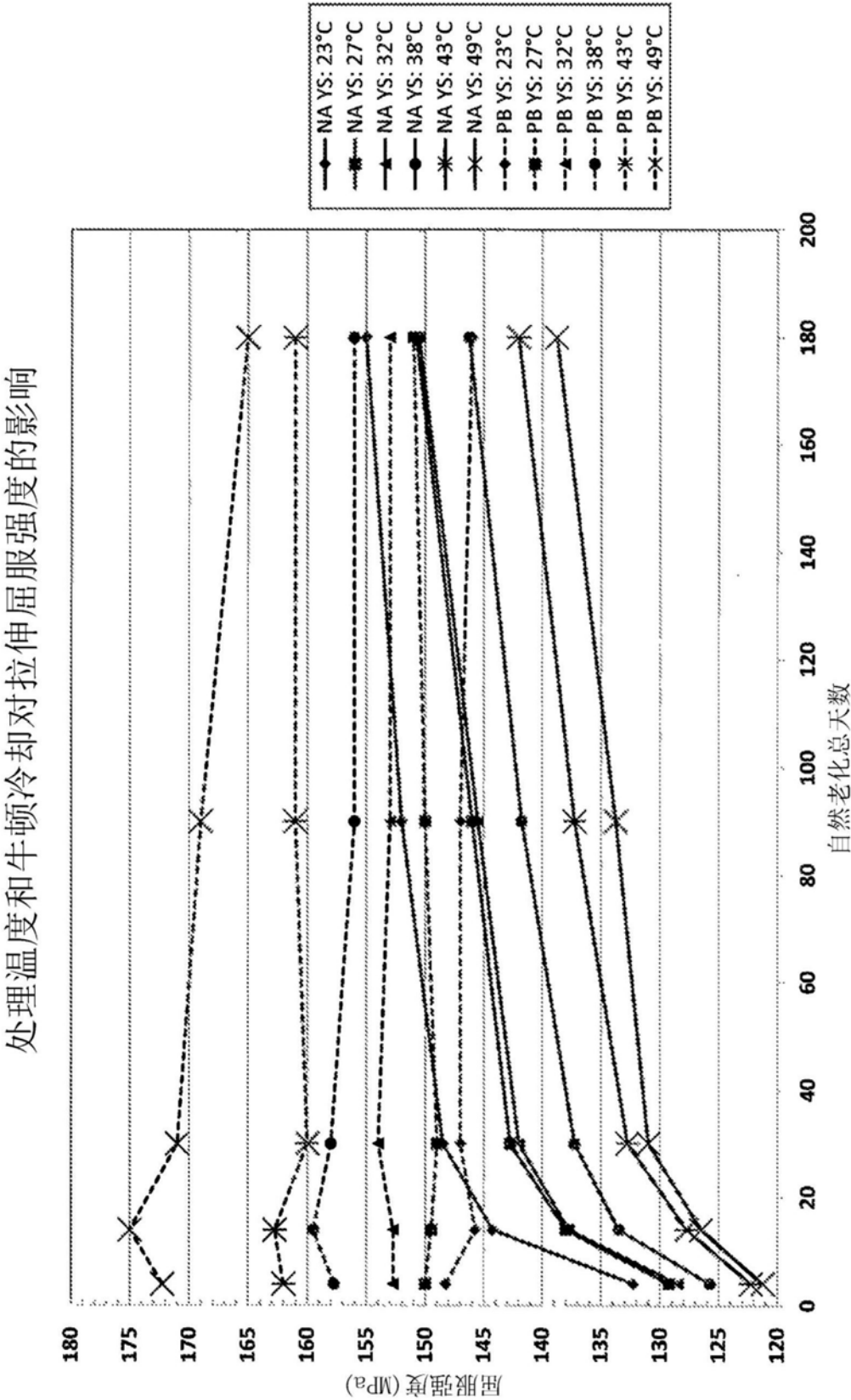


图6