



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116445835 A

(43) 申请公布日 2023. 07. 18

(21) 申请号 202310201159.9

(22) 申请日 2016.10.05

(30) 优先权数据

62/239008 2015.10.08 US

(62) 分案原申请数据

201680057660.0 2016.10.05

(71) 申请人 诺维尔里斯公司

地址 美国乔治亚州

(72) 发明人 C.巴西 E.坎巴斯 A.德斯波斯

P.罗曼 M.菲莫 J.理查德

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公

司 72001

专利代理师 李志强 彭昶

(51) Int. Cl.

C22F 1/043 (2006.01)

C22F 1/047 (2006.01)

C22F 1/057 (2006.01)

C22F 1/053 (2006.01)

C22F 1/05 (2006.01)

C22C 21/02 (2006.01)

C22C 21/08 (2006.01)

C22C 21/16 (2006.01)

C22C 21/14 (2006.01)

B62D 25/00 (2006.01)

B62D 25/10 (2006.01)

B62D 29/00 (2006.01)

B60J 5/04 (2006.01)

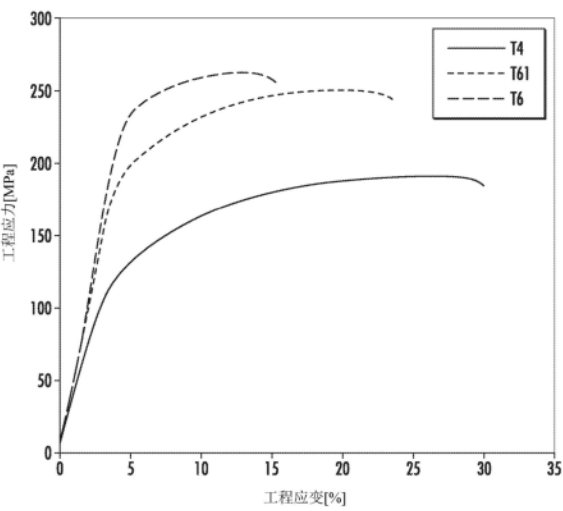
权利要求书2页 说明书17页 附图14页

(54) 发明名称

用于使硬化铝合金温成型的方法

(57) 摘要

描述用于使硬化的可热处理、可时效硬化的铝合金,例如硬化的2XXX、6XXX和7XXX铝合金或者由此类合金制成的制品,包括铝合金薄板,成型的方法。所述方法涉及在成型步骤之前和/或与成型步骤同时地对呈薄板或坯件形式的所述制品进行加热。在一些实例中,以在约3℃/s至200℃/s范围内的指定的加热速率,例如3℃/s至90℃/s或90℃/s至150℃/s,将所述合金加热到在125℃至425℃范围内的指定温度。所述温度与所述加热速率的这种组合可以形成制品特性的有利组合。



1. 一种使由硬化的可时效硬化、可热处理的铝合金所制成的制品成型的方法,所述方法包含:

 以在约3℃/s至约200℃/s之间的加热速率将所述制品加热到约125℃至约425℃的温度;并且

 使所述制品成形,

 其中在所述加热步骤之前所述制品处于T6或T61回火状态,

 其中与加热前的制品相比,经加热的制品的伸长率增加高达3%至20%,并且其中经加热的制品的工程应力为50至450MPa。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中所述制品是薄板或坯件。

3. 根据权利要求1所述的方法,其中所述硬化的可时效硬化、可热处理的铝合金是2XXX、6XXX或7XXX系合金。

4. 根据权利要求1所述的方法,其中所述硬化的可时效硬化、可热处理的铝合金是6XXX系合金。

5. 根据权利要求1至4中任一项所述的方法,其中将所述制品加热到约225℃至约325℃的温度。

6. 根据权利要求1至4中任一项所述的方法,其中将所述制品加热到约225℃至约250℃的温度。

7. 根据权利要求1至4中任一项所述的方法,其中以在约90℃/s至约150℃/s之间的速率对所述制品进行加热。

8. 根据权利要求1至4中任一项所述的方法,其中以在约3℃/s至约90℃/s之间的速率对所述制品进行加热。

9. 根据权利要求1至4中任一项所述的方法,其中在所述加热步骤之后所述制品处于T61回火状态。

10. 根据权利要求1至4中任一项所述的方法,其中在所述加热步骤之后所述制品处于T6回火状态。

11. 根据权利要求1至4中任一项所述的方法,其中在所述加热步骤的前后,所述制品处于T6或T61回火状态。

12. 根据权利要求1至4中任一项所述的方法,还包含使所述成形制品冷却的步骤。

13. 根据权利要求12所述的方法,其中使所述制品成形是第一成形步骤并且还包含在所述冷却步骤之后的第二成形步骤。

14. 根据权利要求13所述的方法,其中由所述第二成形步骤所得的所述制品的伸长率是在由所述第一成形步骤所得的被加热制品的伸长率的约75%至约125%之间。

15. 根据权利要求1至4中任一项所述的方法,其中所述被加热制品的工程应变为约50MPa至200MPa。

16. 根据权利要求1至4中任一项所述的方法,其中与加热前的所述制品相比,所述被加热制品的伸长率增加高达约3%至约20%。

17. 根据权利要求1至4中任一项所述的方法,其中使所述制品成形包含对所述制品进行冲压、压制或冲压成形。

18. 根据权利要求1至4中任一项所述的方法,其中对所述制品进行加热包含感应加热。

19. 根据权利要求1至4中任一项所述的方法,其中所述方法生产机动车覆盖件。
20. 一种利用根据权利要求1至19中任一项所述的方法而制成的成形制品。
21. 根据权利要求20所述的成形制品,其中所述成形制品是机动车覆盖件。
22. 根据权利要求20所述的成形制品,其中所述成形的制品具有至少约200MPa的极限抗拉强度。
23. 根据权利要求20所述的成形制品,其中所述成形制品具有约200MPa至约275MPa的极限抗拉强度。

用于使硬化铝合金温成型的方法

[0001] 本申请是原案申请日为2016年10月5日、申请号为201680057660.0(国际申请号为PCT/US2016/055415)、发明名称为“用于使硬化铝合金温成型的方法”的专利申请的分案申请。

[0002] 相关申请的交叉参考

[0003] 本申请要求于2015年10月8日提交的美国临时专利申请序列号62/239,008的优先权和申请权益,所述临时专利申请通过引用整体并入本文。

技术领域

[0004] 本发明涉及铝合金领域和相关领域。

背景技术

[0005] 铝合金将低密度与结构强度和耐撞性相结合,这使得它们对于机动车行业中的结构零件和车身零件的生产具有吸引力。然而,与拉伸级别钢相比,铝合金的成形性较低。在一些情况下,铝合金的相对较低的成形性会导致难以获得良好的零件设计,并且会引起因裂缝或起皱因而造成失效。因为铝合金在高温下显示出增强的成形性,所以在机动车行业中利用铝合金薄板的温成型来克服这些问题。通常,温成型是在高温下使金属变形的加工方法。温成型可以使金属的展性最大化,但也会引起其自身的问题。在一些情况下,加热可能会对铝合金薄板的机械特性造成负面影响。被加热的铝合金薄板在冲压操作期间可显示降低的强度,并且在合金薄板冷却后降低的强度特性可能继续存在。铝合金薄板的加热也会导致在冲压操作期间铝合金零件的减薄率增加。铝合金薄板或零件也可能会经历其冶金状态下的不良变化。例如,铝合金的加热促进在合金内部的析出和溶解过程,这可能会导致再结晶和晶粒长大,使得合金的结构产生变化并且对其机械特性造成负面影响。已知上述方法发生于硬化的铝合金,例如处于T6或T61回火状态的6XXX系合金,从而导致强度特性下降。

[0006] 常常用于生产机动车覆盖件的、可热处理、可时效硬化的铝合金,例如2XXX、6XXX以及7XXX铝合金,通常以处于韧性T4回火状态的铝薄板的形式提供给制造商,从而使制造商能够通过冲压或压制而生产所需的汽车覆盖件。为了生产符合所需强度规范的功能性机动车零件,通常在生产后对由处于T4回火状态的铝合金所生产的零件进行热处理,接着自然或人工地时效硬化,以提高它们的强度。例如,可在高温下使6XXX铝合金人工时效,从而将铝合金转变成T6或T61回火状态。硬化的铝合金具有降低的成形性,这对制造商使铝合金成型的能力造成负面影响。理想的是改善这些合金的成形性,例如通过提高它们的温度而不对它们的结构和机械特性造成负面影响。

[0007] 因此,铝合金零件的制造商需要改进的用于硬化铝合金,例如处于T6或T61回火状态的合金,的温成型方法来生产他们制造零件所用的铝。

发明内容

[0008] 本发明所涵盖的实施例是由权利要求所限定,而不是由本发明内容所限定。本发明内容是对本发明的各个方面的高度概述,并且引入在下面的具体实施方式章节中作进一步描述的部分概念。本发明内容并非旨在确定要求保护的主题的重要或基本特征,也并不旨在单独地用于确定要求保护的主题的范围。应当通过参考整个说明书的适当部分、任何或所有的附图和每一权利要求来理解所述主题。

[0009] 公开了用于使可时效硬化的铝合金成型的方法。所公开的方法可以允许在所公开加热参数下进行热处理以增强铝合金的成形性,同时保持合金的适当的强度特性。本文中公开的方法也可以限制在冲压期间铝合金零件的减薄率。

[0010] 在一些实例中,用于使可时效硬化、可热处理的铝合金的制品成型的方法包括以在约3°C/s至约600°C/s,例如约3°C/s至约200°C/s或约3°C/s至约90°C/s范围内的指定加热速率将制品加热到在约125°C至约425°C范围内的温度,然后使所述制品成形。可在成形步骤之前和/或与成形步骤同时地对铝合金进行加热。在一些情况下,将制品加热到一定温度可以包括加热到约125°C至约325°C、约150°C至约250°C或约150°C至约200°C的温度。温度与加热速率的这种组合可以形成铝合金薄板或坯件(blank)特性的有利组合,例如在被加热状态下成形性与抗拉强度的组合。

[0011] 在一些情况下,制品是薄板。在一些情况下,制品可以是2XXX、6XXX以及7XXX铝合金。在一些情况下,在加热步骤之前制品可以处于T6回火或T61回火状态。在一些情况下,在加热步骤之后制品处于T61回火状态。在其它情况下,在加热步骤之后制品处于T6回火状态。

[0012] 在一些情况下,以本文中所描述的加热参数进行热处理可以增强铝合金的成形性,同时将其强度保持在可接受的限值内并且限制冲压期间铝合金零件的减薄率。在一些情况下,伸长率可以充当成形性的一个指标;具备较高伸长率的薄板和制品可以具有良好的成形性。在一些情况下,被加热制品的工程应力为50至300 200MPa或约50至250MPa或约50至约200MPa。在一些情况下,根据本文中所描述的方法,与加热前的制品相比,制品的伸长率可以增加高达约3%至约20%。在一些情况下,在热处理后,被加热铝合金薄板或制品的强度特性和时效特性可以得到保持。

[0013] 在一些实例中,用于使制品成型的方法可以任选地包括使成形制品冷却的步骤。在一些情况下,用于使制品成型的方法可以任选地包含在冷却步骤之后的第二成形步骤。在一些这样的实例,第二成形步骤所得的制品的伸长率在由第一成形步骤所得的被加热制品的伸长率的约75%至约125%之间(例如,额外的100%)。在一些实例中,由包括第二成形步骤的方法所得的制品的伸长率可以大于由单个温成形步骤所得的被加热制品的伸长率。

[0014] 在一些实例中,热处理通过感应加热来完成,但是也可以采用其它的加热方法,如下文更详细地论述。可将所公开的方法并入在运输和机动车行业,例如用于铝零件(例如,汽车车身覆盖件,或者列车、飞机、船舶、小船和空间飞行器的零件)制造的运输行业中所采用的生产线和工艺中。所公开的方法并不局限于汽车行业,或更概括地,机动车行业,并且可以有利地用于其它涉及铝制品制造的领域中。

[0015] 根据以下的详细说明,本发明的其它目的和优点将显而易见。

附图说明

[0016] 图1是显示处于不同回火状态的AA6016合金样品的应力-应变曲线的线图,其中处理如下:使T4样品在室温下时效达1个月;通过在140℃下热处理达14小时由T4回火样品获得T61样品;以及通过在180℃下热处理达14小时由T4样品获得T6样品。将工程应变(%)绘制在X轴上。将工程应力(MPa)绘制在Y轴上。

[0017] 图2是用于拉伸试验的样品铝合金试样的照片图。

[0018] 图3是显示通过感应加热以90℃/s的加热速率被加热到各种温度(如图中所示)的处于T4回火状态的AA6016合金样品的加热曲线的线图。箭头表示拉伸试验的开始。将时间(s)绘制在X轴上。将温度(℃)绘制在Y轴上。

[0019] 图4是显示通过感应加热以90℃/s的加热速率被加热到各种温度(如图中所示)的处于T61回火状态的AA6016合金样品的应力-应变曲线的线图。还示出了在室温下AA6016合金样品的应力-应变曲线(“RT”)。垂直的实线代表室温(RT)样品的总伸长率。垂直的点线代表与室温样品的总伸长率相比总伸长率增加的3%。示出了在各温度下的伸长百分率。将工程应变(%)绘制在X轴上。将工程应力(MPa)绘制在Y轴上。

[0020] 图5是显示通过感应加热以90℃/s的加热速率被加热到各种温度(如图中所示)的处于T6回火状态的AA6016合金样品的应力-应变曲线的线图。还示出了在室温下AA6016合金样品的应力-应变曲线(“RT”)。垂直的实线代表室温(RT)样品的总伸长率。垂直的点线代表与室温样品的总伸长率相比总伸长率增加的5%。示出了在各温度下的伸长百分率。将工程应变(%)绘制在X轴上。将工程应力(MPa)绘制在Y轴上。

[0021] 图6是显示通过感应加热以90℃/s加热速率被加热到各种温度(如图中所示),水淬火并且在水淬火之后在室温下时效达1周的处于T61回火状态的AA6016合金样品的应力-应变曲线的线图。拉伸试验在室温下进行。还示出了保持在室温下(“RT”)的AA6016合金样品的应力-应变曲线。将工程应变(%)绘制在X轴上。将工程应力(MPa)绘制在Y轴上。

[0022] 图7是显示通过感应加热以90℃/s加热速率被加热到各种温度(如图中所示),水淬火并且在水淬火之后在室温下时效达1周的处于T6回火状态的AA6016合金样品的应力-应变曲线的线图。拉伸试验在室温下进行。还示出了保持在室温下(“RT”)的AA6016合金样品的应力-应变曲线,用于比较。将工程应变(%)绘制在X轴上。将工程应力(MPa)绘制在Y轴上。

[0023] 图8是显示通过感应加热以90℃/s或3℃/s的加热速率被加热到各种温度(如图中所示),水淬火并且在水淬火之后在室温下时效达1周的处于T6回火状态的AA6016合金样品的应力-应变曲线的线图。拉伸试验在室温下进行。还示出了保持在室温下(“RT”)的AA6016合金样品的和处于T4回火状态的AA6016合金样品(“Ref T4”)的应力-应变曲线。将工程应变(%)绘制在X轴上。将工程压力(MPa)绘制在Y轴上。

[0024] 图9是显示在温成形热处理之后AA6016合金样品的比较电导率测量的结果的柱状图。在电导率测量之前,通过感应加热以90℃/s(各对的右直方图柱)和3℃/s(各对的左直方图柱)的加热速率将处于T6回火状态的样品加热到各种温度(如图中所示),水淬火,随后在室温下时效达1周。水平线表示处于T4回火状态的AA6016样品预期的电导率水平。将温度(℃)绘制在X轴上。将电导率(MS/m)绘制在Y轴上。

[0025] 图10是显示在温成形热处理后AA6016合金样品的比较电导率测量的结果的柱状

图。在电导率测量之前,通过感应加热以90℃/s的加热速率将处于T61回火状态(各对的左直方图柱)和T6回火(各对的右直方图柱)的样品加热到各种温度(如图中所示),水淬火,随后在室温下时效达1周。水平线表示处于T4回火状态的AA6016样品预期的电导率水平。将温度(℃)绘制在X轴上。将电导率(MS/m)绘制在Y轴上。

[0026] 图11是显示通过感应加热以3℃/s的加热速率将处于T6回火状态的AA6016合金样品加热到各种温度(如图中所示)的应力-应变曲线的线图。拉伸试验在指示的温度下进行。还示出了在室温下(“RT”)的AA6016合金样品的应力-应变曲线。将工程应变(%)绘制在X轴上。将工程应力(MPa)绘制在Y轴上。

[0027] 图12是用于试验的冲压合金的照片图。图12中所示的合金在室温下进行冲压并且在成形期间失效。

[0028] 图13是用于试验的冲压合金的照片图。图13中所示的合金被预热到200℃并且在成形期间未失效。

[0029] 图14是用于试验的冲压合金的照片图。图14中所示的合金被预热到250℃并且在成形期间未失效。

[0030] 图15是用于试验的冲压合金的照片图。图15中所示的合金被预热到350℃并且在成形期间未失效。

[0031] 图16是用于试验的冲压合金的照片图。图16中所示合金被预热到200℃并且在成形期间未失效。

[0032] 图17是用于试验的冲压合金的照片图。图17中所示的合金被预热到250℃并且在成形期间未失效。

[0033] 图18是用于试验的冲压合金的照片图。图18中所示合金被预热到350℃并且在成形期间未失效。

[0034] 图19是显示实例5和实例6中所描述的预热并成形的合金样品的抗拉强度测试结果的线图。

具体实施方式

[0035] 本文中所使用的术语“发明(invention)”、“本发明(the invention)”、“本发明(this invention)”和“本发明(the present invention)”旨在广泛地指代本专利申请和所附权利要求的全部主题。含有这些术语的陈述应当被理解成不限制本文中所描述的主题或者限制所附专利权利要求的含义或范围。

[0036] 在本描述中,提到了用AA数字和其它相关标识,例如“系”或“7xxx”,所标示的合金。为了理解最常用于命名和标示铝及其合金的所述数字代号方法,参见由铝业协会出版的《变形铝及铝合金的国际合金标识与化学成分(International Alloy Designations and Chemical Composition Limits for Wrought Aluminum and Wrought Aluminum Alloys)》或者《铸件和铸锭形式的铝合金的铝业协会合金标识与化学成分的注册记录(Registration Record of Aluminum Association Alloy Designations and Chemical Compositions Limits for Aluminum Alloys in the Form of Castings and Ingot)》。

[0037] 除非上下文中另有明确规定,否则本文中所使用的“一个”、“一种”和“所述”的含义包括单数和复数所指对象。

[0038] 在以下的实例中,铝合金是用它们的元素组成来描述(单位是重量百分比(重量%))。在各合金中,所有杂质的总和的最大重量%为0.15%,而余下的是铝。

[0039] 除非本文中另有说明,室温是指在约20℃至约25℃之间的温度,包括20℃、21℃、22℃、23℃、24℃或25℃。

[0040] 除非另有说明,热处理通常是指将合金薄板或制品加热到足以使合金薄板或制品温成形的温度。用于温成形的热处理可以在成形步骤之前和/或与成形步骤同时执行,以便对被加热铝合金薄板或制品进行成形。

[0041] 铝合金和制品

[0042] 所公开的方法可以用任何铝合金,例如含有Al、Mg、Si和任选地Cu的铝合金,来实施,并且能够显示时效硬化响应。可以进行所公开方法的铝合金包括可热处理、可时效硬化的铝合金(例如,可通过热处理和/或时效而强化的合金),例如,2XXX、6XXX以及7XXX系合金。非限制性实例包括AA6010、AA6013、AA6056、AA6111、AA6016、AA6014、AA6008、AA6005、AA6005A、AA6120、AA6170、AA7075、AA7085、AA7019、AA7022、AA7020、AA2013、AA2014、AA2008、AA2014、AA2017以及AA2024。

[0043] 除了铝外,示例性的铝合金可包含以下成分(均以重量百分比(重量%)表示):Si:0.4重量%至1.5重量%、Mg:0.3重量%至1.5重量%、Cu:0重量%至1.5重量%、Mn:0重量%至0.40重量%以及Cr:0重量%至0.30重量%。在另一个实例中,除铝以外,铝合金可包含以下成分:Si:0.5重量%至1.4重量%、Mg:0.4重量%至1.4重量%、Cu:0重量%至1.4重量%、Mn:0重量%至0.35重量%以及Cr:0重量%至0.25重量%。在又一个实例中,除了铝外,铝合金可包含以下成分:Si:0.6重量%至1.3重量%、Mg:0.5重量%至1.3重量%、Cu:0重量%至1.3重量%、Mn:0重量%至0.30重量%以及Cr:0重量%至0.2重量%。在再一个实例中,除铝以外,铝合金可包含以下成分:Si:0.7重量%至1.2重量%、Mg:0.6重量%至1.2重量%、Cu:0重量%至1.2重量%、Mn:0重量%至0.25重量%以及Cr:0重量%至0.15重量%。铝合金的组成可能会影响其对热处理的响应。例如,在热处理期间或之后的强度会受到合金中存在的Mg或者Cu-Si-Mg析出物的量的影响。

[0044] 用于所公开方法的合适的铝合金可以在硬化状态下提供。在一些情况下,硬化以增强铝合金的强度至少涉及以下步骤:固溶热处理以实现可溶相的溶解,这是当通过在足够高的温度下浸泡合金对其进行热处理并持续足够的时间,以获得近似均匀固溶体时发生;淬火以实现过饱和的形成;以及进行时效硬化以实现在室温(自然时效)或者高温(人工时效或析出热处理)下溶质原子的析出。“人工时效”或“人工时效硬化”(也被称为“析出热处理”)可以指在115℃至190℃下处理达5至48小时以实现铝合金的强度和硬度特性的改善。“自然时效”或“自然时效硬化”是在室温下时效,在此期间通常在数天内实现析出和大致稳定的状态。

[0045] 合适的铝合金可以以T6、T61或T5回火状态提供。“T6”标识是用于铝合金的回火标识,其中对合金进行固溶热处理,然后进行人工时效。相比之下,标识“T4回火”表示对铝合金进行固溶热处理,并自然时效到大致稳定的状态(而不进行人工时效)。处于T6回火状态的铝合金可以具有比处于T4回火状态的相同合金更低的伸长率但更高的屈服强度。本文中的术语“T61回火”用于表示在T4与T6之间的中间回火,具有比处于T4回火状态的合金更高的屈服强度但更低的伸长率,并且具有比T6回火更低的屈服强度但更高的伸长率。“T5”是

用于从高温成形方法中冷却,然后进行人工时效的铝合金的回火标识。在本文中所描述方法的一些实例中,在热处理步骤之后,铝合金仍然保持处于与热处理步骤之前相同的回火状态(例如,T6、T61或T5)。

[0046] 可以进行所公开的温成形方法的铝合金制品可以被称为“起始制品”或“起始材料”,并且包括薄板、板、管、管道、型材和其它(只要实现加热速率)。在本文中,术语“制品”、“材料”和“零件”可以互换使用。所公开的温成型方法可以用于任何可以进行时效硬化和热处理的铝制品。可在所公开方法中用作起始材料的铝合金薄板可以以薄板的形式以期望的厚度(厚度尺寸)生产,例如以适合于机动车零件的生产的厚度。铝合金薄板可以是由铝合金铸锭、坯料、板坯、带材等所生产的轧制铝薄板。

[0047] 可采用不同方法来制造铝薄板或板,只要所述铝薄板或板在温成形方法前处于硬化状态,例如T6、T61或T5。例如,可利用以下方法来生产铝合金薄板,包含:将铝合金直接冷铸成锭;对铸锭进行热轧以制造薄板;以及将薄板冷轧成最终厚度尺寸。可采用连续铸造或板坯连铸代替直接冷铸以制造被加工成薄板的起始材料。铝合金薄板生产方法也可以包括退火或固溶热处理,即将合金加热到合适温度并将其保持在所述温度持续足够长的时间以使一个或多个成分进入固溶体,然后使其快速冷却足够长的时间以将这些成分保持在固溶体中的方法。在一些情况下,铝合金薄板和/或板可以具有约0.4mm至约10mm或者约0.4mm至约5mm的厚度。

[0048] 在实施所公开的方法前铝合金薄板可以是未轧制或扁平的。可将铝合金薄板切割,例如切割成前体铝合金制品,或者形成所谓的“坯件”,例如“冲压坯件”,即用于冲压的前体。“坯件”或“冲压坯件”被包括在可以根据所公开方法进行处理的产品中。术语“制品”或“材料”可以指代在实施所公开方法之前提供给的制品,正在由所公开方法处理或者进行所公开方法的制品,以及在所公开方法后获得的制品,包括进行了额外步骤或方法的产品。例如,可使制品预成形或者在根据所公开方法进行温成形之前进行其它过程、方法以及步骤。在另一个实例中,可在根据所公开方法进行温成形后使制品后成形或者进行其它过程、方法以及步骤。在温成形后可利用一个或多个冲压和/或拉伸步骤使制品成形为最终形状。在所公开方法之后,制品可进行成形后热处理或涂装。在另一个实例中,可使制品时效以提高其强度。在实施所公开方法的过程中生产的铝合金制品(可以被称为成形的制品或产品)包括在本发明的范围内。

[0049] 铝合金制品包括二维和三维成形的铝合金制品。合金制品的一个实例是未轧制的或扁平的薄板,另一个实例是从薄板上切割且未进一步成形的扁平制品。另一个实例是通过涉及一个或多个三维成形步骤,例如弯曲、冲压、压制、冲压成形或拉伸的方法所生产的非平面状铝合金制品。这种非平面状铝合金制品可以被称为“冲压的”、“压制的”、“冲压成形的”、“拉伸的”、“三维成形的”或其它类似的术语。在根据所公开的温成形方法成形之前,可以通过另一种“温成形”或“冷成形”方法、步骤或各步骤的组合对铝合金制品进行预形成。“冷成形”表示在成形之前或期间没有额外热量施加给所述制品。利用所公开方法生产的铝合金制品(可以被称为成形制品或产品)包括在本文所描述的实例中。

[0050] 所公开的方法可以有利地应用于运输和机动车行业,包括但不限于:汽车制造、卡车制造、船舶和小船的制造、列车制造、飞机和航天器制造。机动车零件的一些非限制性实例包括地板镶板、后壁、边梁、电机护罩、挡泥板、车顶、门面板、B柱、纵梁、车身侧部、边梁或

碰撞构件。本文中所使用的术语“机动车”和相关术语并不局限于汽车,并且包括各种车辆类别,如汽车、小轿车、客车、摩托车、海上运输工具、越野车辆、轻型货车、卡车或大卡车。然而,铝合金制品并不局限于机动车零件;根据本申请中描述的方法所制造的其它类型的铝制品也是可想到的。例如,所公开方法可以有利地应用于机械装置和其它装置或机器(包括武器、工具、电子器件的主体等)的各种零件的制造。

[0051] 铝合金制品可以由多个零件组成或者由多个零件组装而成。例如,机动车零件可由多于一个的零件(例如,具有内和外覆盖件的汽车发动机罩或者具有内和外覆盖件的车门或者具有多个覆盖件的至少部分组装的机动车车身)组装而成。此外,由多个零件组成或者由多个零件组装而成的此类铝合金制品在其被组装或部分组装之后可适用于所公开的温成形方法。另外,在一些情况下,铝合金制品可包含非铝零件或部分,例如包含其它金属或金属合金(例如,钢或钛合金)或由其制造的零件或部分。在一些实例中,铝合金制品可具有芯与包层结构,其中包层在芯层的一侧或两侧上。

[0052] 加热

[0053] 使铝薄板或由此类薄板制成的制品成形涉及对合金、薄板或制品进行加热。在一些实例中,以指定的加热速率或者以在指定范围内的加热速率,将合金、薄板或制品加热到指定温度或者到在指定范围内的温度。温度、加热速率或其范围或者这些的组合,可以被称为“加热参数”。在本文所描述的方法中,将薄板或制品加热到约125℃至425℃、150℃至425℃、175℃至425℃、200℃至425℃、225℃至425℃、250℃至425℃、275℃至425℃、300℃至425℃、325℃至400℃、350℃至400℃、375℃至400℃、125℃至375℃、125℃至375℃、150℃至375℃、175℃至375℃、200℃至375℃、225℃至375℃、250℃至375℃、275℃至375℃、300℃至375℃、325℃至375℃、350℃至375℃、125℃至350℃、150℃至350℃、175℃至350℃、200℃至350℃、225℃至350℃、250℃至350℃、275℃至350℃、300℃至350℃、325℃至350℃、125℃至325℃、150℃至325℃、175℃至325℃、200℃至325℃、225℃至325℃、250℃至325℃、275℃至325℃、300℃至325℃、125℃至300℃、150℃至300℃、175℃至300℃、200℃至300℃、225℃至300℃、250℃至300℃、275℃至300℃、125℃至275℃、150℃至275℃、175℃至275℃、200℃至275℃、225℃至275℃、250℃至275℃、125℃至250℃、150℃至250℃、175℃至250℃、200℃至250℃、225℃至250℃、250℃至275℃、125℃至225℃、150℃至225℃、175℃至225℃、200℃至225℃、125℃至200℃、150℃至200℃、175℃至200℃、125℃至175℃、150℃至175℃或125℃至150℃,例如高达约150℃、175℃、200℃、225℃、250℃、275℃、300℃、325℃或350℃的温度。

[0054] 在所公开的方法中可采用3℃/s至90℃/s、10℃/s至90℃/s、20℃/s至90℃/s、30℃/s至90℃/s、40℃/s至90℃/s、50℃/s至90℃/s、60℃/s至90℃/s、70℃/s至90℃/s或80℃/s至90℃/s的加热速率。在一些实例中,采用约90℃/s的加热速率。在其它实例中,采用约3℃/s的加热速率。在一些实例,可采用约3℃/s至约100℃/s、约3℃/s至约110℃/s、约3℃/s至约120℃/s、约3℃/s至约150℃/s、约3℃/s至约160℃/s、约3℃/s至约170℃/s、约3℃/s至约180℃/s、约3℃/s至约190℃/s或约3℃/s至约200℃/s的加热速率。在其它实例中,可采用约90℃/s至约150℃/s的加热速率。在其它实例中,可采用约200℃/s至约600℃/s的加热速率。例如,可采用约200℃/s至约250℃/s、300℃/s、350℃/s、400℃/s、450℃/s、500℃/s、550℃/s或600℃/s的加热速率。本领域技术人员可基于薄板或制品的期望特性利

用可利用的设备来调整加热速率。

[0055] 在加热方法中可以采用各种加热参数。在一个实例中,采用约90℃/s的加热速率加热到125℃至425℃的温度。在另一个实例中,采用约90℃/s的加热速率加热到125℃至325℃的温度。在又一个实例中,采用约90℃/s的加热速率加热到150℃至250℃的温度。在另一个实例中,采用约90℃/s的加热速率加热到200℃至250℃的温度。在另一个实例中,采用约3℃/s的加热速率加热到200℃至250℃的温度。除非本文中另有说明,否则这些实例是用作例子,而不是限制不同的温度和加热速率。基于多种因素来选择加热参数,例如铝合金或铝合金制品的各特性的期望组合。以上的温度和温度范围用来表示“加热到”的温度。在所公开的方法中,将加热方法,例如感应加热,应用于薄板或制品,直到实现“加热到”的温度。换句话说,“加热到”的温度是在成形步骤之前将薄板或制品加热到的温度。在成形步骤期间可通过适当的加热方法保持“加热到”的温度,或者可在成形步骤之前停止加热方法,在此情况下,在成形步骤期间薄板或制品的温度可低于指定的“加热到”的温度。薄板或制品的温度可以用或者可以不用适当的过程和仪器进行监测。例如,如果未对温度进行监测,则“加热到”的温度可以是计算的温度和/或通过实验推导的温度。

[0056] 可以通过选择适当的热处理、加热方法或系统实现加热速率,从而将铝合金薄板加热。通常,所采用的加热过程或系统应当输送充足的能量以实现以上指定的加热速率。例如,可以通过感应加热完成加热。可以采用的加热方法的一些其它非限制性实例是接触加热、电阻加热、红外辐射加热、利用气体燃烧器加热和直接电阻加热。通常,可对加热系统和方案进行设计和优化,以便控制热流量和/或实现薄板或制品的期望特性。

[0057] 特性

[0058] 本文中所公开方法中的薄板或制品的加热形成了各特性的有利组合。例如,实现薄板或制品的成形性与强度特性的有利组合。在一些其它情况下,薄板也可以在成形期间显示有利地低减薄率。另外,薄板或制品在加热前后保持相同的冶金状态,并且与加热前薄板或制品所具备的特性相比,一旦被冷却则保持某些特性和行为。

[0059] 所公开的方法增强了薄板或制品的成形性。薄板或制品的成形性是其断裂或过度减薄之前可以经受的变形的量的量度。伸长率可以用作成形性的一个指标;具备较高伸长率的薄板和制品具有良好的成形性。通常,伸长率是指材料在断裂之前可以被弯曲、拉伸或压缩的程度。薄板或制品的伸长率和其它影响成形性的特性、成形方法的结果和所得产品的质量可以通过拉伸试验进行测定。

[0060] 各样品的拉伸试验是根据在相关出版物,例如由美国材料与试验协会(ASTM)所提供的那些,中所描述的材料科学领域中已知的标准过程来执行。题为《金属材料的抗拉试验方法(Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials)》的ASTM E8/EM8(DOI:10.1520/E0008 E0008M-15A)具体说明了用于金属材料的拉伸试验过程。简单地说,在本领域技术人员已知的标准拉伸试验机中执行拉伸试验。样品是通常是具有标准形状的扁平试样,具有两个肩部(可以容易被机器夹持)和截面较小的标准尺寸面积。在试验期间,将试样置于试验机中并单轴向拉伸直到其断裂,同时记录相对于所施加力合金试样的标准尺寸截面的伸长率。伸长率是试样永久拉伸的量,并且以测试试样的标距长度的增加来衡量。测试试样的标距长度是指定的,因为它影响伸长率值。在拉伸试验期间测量的且用于表征铝合金的一些特性是工程应力、工程应变和断裂伸长率。伸长率测量可以用

于计算“工程应变”或者标距长度与原长度的比率。工程应变可以用百分比(%)报告。断裂伸长率,也可以报告为总伸长率,是在试样断裂时的工程应变的量。工程应力是通过将施加到试样的负荷除以测试试样的初始截面积进行计算。可以将工程应变和工程应力数据点绘入应力-应变曲线。

[0061] 与在室温下相同的薄板或制品相比,在所公开温成形方法中采用的加热步骤提高了薄板或制品的伸长率。例如,与加热之前的薄板或制品相比,加热步骤可提高薄板或制品的伸长率高达约10%、约7.5%、约5.5%、约5%、约4.5%、约3%、至少约2.5%、至少约3%、至少约3.5%、约2.5%至10%、约3%至10%、约3.5%至10%、约4%至10%、约4.5%至10%、约5%至10%、约7.5%至10%、约2.5%至7.5%、约3%至7.5%、约3.5%至7.5%、约4%至7.5%、约4.5%至7.5%、约5%至7.5%、约2.5%至5.5%、约3%至5.5%、约3.5%至5.5%、约4%至5.5%、约4.5%至5.5%、约2.5%至5%、约2.5%至5%、约3%至5%、约3.5%至5%、约4%至5%、约4.5%至5%、约2.5%至4.5%、约3%至4.5%、约3.5%至4.5%、约4%至4.5%、约2.5%至4%、约3%至4%、约3.5%至4%、约2.5%至3.5%或约3%至3.5%。在一些情况下,薄板或制品的伸长率提高高达约3%、3.25%、4%、4.25%、4.5%、4.75%或5%。在一些情况下,薄板或制品的加热导致至少约10%、至少约20%、至少约25%、至少约30%或高达约35%、约15%至35%、20%至35%、25%至35%、30%至35%、15%至30%、20%至30%、25%至30%、15%至25%、20%至25%或15%至20%的伸长率(以工程应变来衡量)。

[0062] 在所公开温成形方法中采用的加热步骤提高了被加热薄板或制品的伸长率同时将强度特性(例如,抗拉强度,以工程应力来衡量)保持在适合于工业成形方法的范围内。例如,被加热的铝薄板或制品可具有至少约50MPa、至少约60MPa、至少约70MPa、至少约80MPa、至少约90MPa、至少约100MPa、至少约110MPa、至少约120MPa、至少约130MPa、至少约140MPa、至少约150MPa、至少约160MPa、至少约170MPa、至少约180MPa、至少约190MPa、至少约200MPa、至少约210MPa、至少约220MPa、至少约230MPa、至少约240MPa、至少约250MPa、至少约260MPa、至少约270MPa、至少约280MPa、至少约290MPa、至少约300MPa、至少约310MPa、至少约320MPa、至少约330MPa、至少约340MPa、至少约350MPa、至少约360MPa、至少约370MPa、至少约380MPa、至少约390MPa、至少约400MPa、至少约410MPa、至少约420MPa、至少约430MPa、至少约440MPa、至少约450MPa、至少约460MPa、至少约470MPa、至少约480MPa、至少约490MPa、至少约500MPa、至少约510MPa、至少约520MPa、至少约530MPa、至少约540MPa、至少约550MPa、至少约560MPa、至少约570MPa、至少约580MPa、至少约590MPa、至少约600MPa、约50MPa至200MPa、约50MPa至190MPa、约50MPa至180MPa、约50MPa至170MPa、约50MPa至160MPa、约50MPa至150MPa、约50MPa至140MPa、约50MPa至130MPa、约50MPa至120MPa、约50MPa至110MPa、约50MPa至100MPa、约50MPa至90MPa、约50MPa至80MPa、约50MPa至70MPa、约50MPa至60MPa、约60MPa至200MPa、约60MPa至190MPa、约60MPa至180MPa、约60MPa至170MPa、约60MPa至160MPa、约60MPa至150MPa、约60MPa至140MPa、约60MPa至130MPa、约60MPa至120MPa、约60MPa至110MPa、约60MPa至100MPa、约60MPa至90MPa、约60MPa至80MPa、约60MPa至70MPa、约70MPa至200MPa、约70MPa至190MPa、约70MPa至180MPa、约70MPa至170MPa、约70MPa至160MPa、约70MPa至150MPa、约70MPa至140MPa、约70MPa至130MPa、约70MPa至120MPa、约70MPa至110MPa、约70MPa至100MPa、约70MPa至90MPa、约70MPa至80MPa、约80MPa

至200MPa、约80MPa至190MPa、约80MPa至180MPa、约80MPa至170MPa、约80MPa至160MPa、约80MPa至150MPa、约80MPa至140MPa、约80MPa至130MPa、约80MPa至120MPa、约80MPa至110MPa、约80MPa至100MPa、约80MPa至90MPa、约90MPa至200MPa、约90MPa至190MPa、约90MPa至180MPa、约90MPa至170MPa、约90MPa至160MPa、约90MPa至150MPa、约90MPa至140MPa、约90MPa至130MPa、约90MPa至120MPa、约90MPa至110MPa、约90MPa至100MPa、约100MPa至200MPa、约100MPa至190MPa、约100MPa至180MPa、约100MPa至170MPa、约100MPa至160MPa、约100MPa至150MPa、约100MPa至140MPa、约100MPa至130MPa、约100MPa至120MPa、约100MPa至110MPa、约100MPa至100MPa、约110MPa至200MPa、约110MPa至190MPa、约110MPa至180MPa、约110MPa至170MPa、约110MPa至160MPa、约110MPa至150MPa、约110MPa至140MPa、约110MPa至130MPa、约110MPa至120MPa、约120MPa至200MPa、约120MPa至190MPa、约120MPa至180MPa、约120MPa至170MPa、约120MPa至160MPa、约120MPa至150MPa、约120MPa至140MPa、约120MPa至130MPa、约130MPa至200MPa、约130MPa至190MPa、约130MPa至180MPa、约130MPa至170MPa、约130MPa至160MPa、约130MPa至150MPa、约130MPa至140MPa、约140MPa至200MPa、约140MPa至190MPa、约140MPa至180MPa、约140MPa至170MPa、约140MPa至160MPa、约140MPa至150MPa、约150MPa至200MPa、约150MPa至190MPa、约150MPa至180MPa、约150MPa至170MPa、约150MPa至160MPa、约160MPa至200MPa、约160MPa至190MPa、约160MPa至180MPa、约160MPa至170MPa、约170MPa至200MPa、约170MPa至190MPa、约170MPa至180MPa、180MPa至200MPa或约180MPa至190MPa、约190MPa至200MPa、约200MPa至250MPa、约200MPa至240MPa、约200MPa至230MPa、约200MPa至120MPa、约200MPa至210MPa、约210MPa至250MPa、约210MPa至240MPa、约210MPa至230MPa、约210MPa至220MPa、约220MPa至250MPa、约220MPa至240MPa、约220MPa至230MPa、约230MPa至250MPa、约230MPa至240MPa、约240MPa至250MPa、约250MPa至400MPa、约250MPa至390MPa、约250MPa至380MPa、约250MPa至370MPa、约250MPa至360MPa、约250MPa至350MPa、约250MPa至340MPa、约250MPa至330MPa、约250MPa至320MPa、约250MPa至310MPa、约250MPa至300MPa、约250MPa至290MPa、约250MPa至280MPa、约250MPa至270MPa、约250MPa至260MPa、约260MPa至400MPa、约260MPa至390MPa、约260MPa至380MPa、约260MPa至370MPa、约260MPa至360MPa、约260MPa至350MPa、约260MPa至340MPa、约260MPa至330MPa、约260MPa至320MPa、约260MPa至310MPa、约260MPa至300MPa、约260MPa至290MPa、约260MPa至280MPa、约260MPa至270MPa、约270MPa至400MPa、约270MPa至390MPa、约270MPa至380MPa、约270MPa至370MPa、约270MPa至360MPa、约270MPa至350MPa、约270MPa至340MPa、约270MPa至330MPa、约270MPa至320MPa、约270MPa至310MPa、约270MPa至300MPa、约270MPa至290MPa、约270MPa至280MPa、约280MPa至400MPa、约280MPa至390MPa、约280MPa至380MPa、约280MPa至370MPa、约280MPa至360MPa、约280MPa至350MPa、约280MPa至340MPa、约280MPa至330MPa、约280MPa至320MPa、约280MPa至310MPa、约280MPa至300MPa、约280MPa至290MPa、约290MPa至400MPa、约290MPa至390MPa、约290MPa至380MPa、约290MPa至370MPa、约290MPa至360MPa、约290MPa至350MPa、约290MPa至340MPa、约290MPa至330MPa、约290MPa至320MPa、约290MPa至310MPa、约290MPa至300MPa、约300MPa至300MPa、约300MPa至390MPa、约300MPa至380MPa、约300MPa至370MPa、约300MPa至360MPa、约300MPa至350MPa、约300MPa至340MPa、约300MPa至330MPa、约300MPa至320MPa、约300MPa至310MPa、约310MPa至400MPa、约310MPa至390MPa、约310MPa至380MPa、约310MPa至370MPa、约310MPa至360MPa、约310MPa至350MPa、约310MPa至340MPa、约310MPa至330MPa、约310MPa至

320MPa、约320MPa至400MPa、约320MPa至390MPa、约320MPa至380MPa、约320MPa至370MPa、约320MPa至360MPa、约320MPa至350MPa、约320MPa至340MPa、约320MPa至330MPa、约330MPa至400MPa、约330MPa至390MPa、约330MPa至380MPa、约330MPa至370MPa、约330MPa至360MPa、约330MPa至350MPa、约330MPa至340MPa、约340MPa至400MPa、约340MPa至390MPa、约340MPa至380MPa、约340MPa至370MPa、约340MPa至360MPa、约340MPa至350MPa、约340MPa至340MPa、约350MPa至400MPa、约350MPa至390MPa、约350MPa至380MPa、约350MPa至370MPa、约350MPa至360MPa、360MPa至400MPa、约360MPa至390MPa、约360MPa至380MPa、约360MPa至370MPa、约370MPa至400MPa、约370MPa至390MPa、约370MPa至380MPa、约380MPa至400MPa、约380MPa至390MPa、约390MPa至400MPa、约400MPa至450MPa、约400MPa至440MPa、约400MPa至430MPa、约400MPa至420MPa、约400MPa至410MPa、约410MPa至450MPa、约410MPa至440MPa、约410MPa至430MPa、约410MPa至420MPa、约420MPa至450MPa、约420MPa至440MPa、约420MPa至430MPa、约430MPa至450MPa、约430MPa至440MPa、约440MPa至450MPa、约450MPa至600MPa、约450MPa至590MPa、约450MPa至580MPa、约450MPa至570MPa、约450MPa至560MPa、约450MPa至550MPa、约450MPa至540MPa、约450MPa至530MPa、约450MPa至520MPa、约450MPa至510MPa、约450MPa至500MPa、约450MPa至490MPa、约450MPa至480MPa、约450MPa至470MPa、约450MPa至460MPa、约460MPa至600MPa、约460MPa至590MPa、约460MPa至580MPa、约460MPa至570MPa、约460MPa至560MPa、约460MPa至550MPa、约460MPa至540MPa、约460MPa至530MPa、约460MPa至520MPa、约460MPa至510MPa、约460MPa至500MPa、约460MPa至490MPa、约460MPa至480MPa、约460MPa至470MPa、约470MPa至600MPa、约470MPa至590MPa、约470MPa至580MPa、约470MPa至570MPa、约470MPa至560MPa、约470MPa至550MPa、约470MPa至540MPa、约470MPa至530MPa、约470MPa至520MPa、约470MPa至510MPa、约470MPa至500MPa、约470MPa至490MPa、约470MPa至480MPa、约480MPa至600MPa、约480MPa至590MPa、约480MPa至580MPa、约480MPa至570MPa、约480MPa至560MPa、约480MPa至550MPa、约480MPa至540MPa、约480MPa至530MPa、约480MPa至520MPa、约480MPa至510MPa、约480MPa至500MPa、约480MPa至490MPa、约490MPa至600MPa、约490MPa至590MPa、约490MPa至580MPa、约490MPa至570MPa、约490MPa至560MPa、约490MPa至550MPa、约490MPa至540MPa、约490MPa至530MPa、约490MPa至520MPa、约490MPa至510MPa、约490MPa至500MPa、约500MPa至600MPa、约500MPa至590MPa、约500MPa至580MPa、约500MPa至570MPa、约500MPa至560MPa、约500MPa至550MPa、约500MPa至540MPa、约500MPa至530MPa、约500MPa至520MPa、约500MPa至510MPa、约510MPa至600MPa、约510MPa至590MPa、约510MPa至580MPa、约510MPa至570MPa、约510MPa至560MPa、约510MPa至550MPa、约510MPa至540MPa、约510MPa至530MPa、约510MPa至520MPa、约520MPa至600MPa、约520MPa至590MPa、约520MPa至580MPa、约520MPa至570MPa、约520MPa至560MPa、约520MPa至550MPa、约520MPa至540MPa、约520MPa至530MPa、约530MPa至600MPa、约530MPa至590MPa、约530MPa至580MPa、约530MPa至570MPa、约530MPa至560MPa、约530MPa至550MPa、约530MPa至540MPa、约540MPa至600MPa、约540MPa至590MPa、约540MPa至580MPa、约540MPa至570MPa、约540MPa至560MPa、约540MPa至550MPa、约550MPa至600MPa、约550MPa至590MPa、约550MPa至580MPa、约550MPa至570MPa、约550MPa至560MPa、约560MPa至600MPa、约560MPa至590MPa、约560MPa至580MPa、约560MPa至570MPa、570MPa至600MPa、约570MPa至590MPa、约570MPa至580MPa、580MPa至600MPa或约580MPa至590MPa的极限抗拉强度(以拉伸试验期间的工程应变来衡量)。

[0063] 可对所公开温成形方法中的热处理条件进行选择,以便保持铝薄板或制品的冶金状态和时效行为和特性。加热期间在硬化的铝合金中析出与固溶过程的竞争常常导致晶粒生长和不符合需要的过时效,及随之而来的强度和硬度的损失。所公开的方法通过采用温度与加热速率的特定组合而避免了此问题。所公开的加热步骤可以在冷却接着任选地进行在适合于制造实践范围内的时效期后,保持铝薄板或制品的强度特性(例如,抗拉强度,以工程应力来衡量)。在此情况下,强度特性可被称为“残余的”。例如,在一些情况下,在通过水淬火冷却后,接着在室温下时效硬化一周后,铝薄板或制品具有至少约200MPa、至少约225MPa、至少约250MPa、约200MPa至275MPa、约200MPa至250MPa、约225MPa至275MPa或约225MPa至275MPa的残余极限抗拉强度(以拉伸试验期间的工程应变来衡量)。

[0064] 在所公开温成形方法中采用的加热步骤可以在冷却接着任选地进行在适合于制造实践范围内的时效硬化和/或热处理后,保持合金的冶金状态。冶金状态可以用根据标准方案进行测量的电导率来表征。题为《用电磁(涡流)法测定电导率的标准试验方法(Standard Test Method for Determining Electrical Conductivity Using the Electromagnetic (Eddy-Current) Method)》的ASTM E1004具体说明了用于金属材料的相关试验过程。例如,在一些情况下,在根据所公开的温成形方法进行热处理并通过水淬火冷却,接着通过在室温下进行一周的时效硬化的6XXX铝合金薄板具有约25至29毫西每米(MS/m)、26MS/m至29MS/m、27MS/m至29MS/m或28MS/m至29MS/m的电导率。

[0065] 根据所描述方法而成形的铝薄板或制品可以以各种方式将上述各特性进行结合。例如,进行所公开方法的铝合金可具有下列中的一个或多个:在200℃下20.3%的伸长率、在200℃下195MPa的极限抗拉强度、在200℃下热处理接着通过水淬火并且在室温下时效达一周之后262MPa的极限抗拉强度以及在200℃下热处理接着通过水淬火并且在室温下时效达一周之后28.7mS/m的电导率。所述薄板或制品可显示其它的值或值的范围,例如在本节中前面所列出的那些。

[0066] 成形

[0067] 在加热步骤期间或之后,所公开的方法可包括至少一个成形步骤。本文中所使用的术语“成形”可包括切割、冲压、压制、冲压成形、拉伸或者其它本领域技术人员已知的可以形成二维或三维形状的方法。对由可时效硬化的可热处理的铝合金所制成的制品进行加热,如本文前面所论述,并且使被加热制品成形。以上的成形步骤可以包括在温成形方法内。温成形可以通过冲压或压制来实施。在冲压或压制方法步骤中,概括地说,通过在互补形状的两个模具之间对制品进行而使其成形。温成形可以在等温或非等温条件下实施。在等温条件下,将铝合金坯件和所有的工具组件,例如模具,加热到相同温度。在非等温条件下,工具组件可具有与坯件不同的温度。

[0068] 除了以上的温成形步骤以外,所公开的方法可包括另外的成形步骤。例如,在温成形之前,可以通过一个或多个温成形或冷成形方法或步骤的组合使铝合金制品成形。例如,在进行温成形之前可将薄板切割,例如切割成前体制品,或者形成所谓“坯件”,例如“冲压坯件”,即用于冲压的前体。因此,可采用将薄板切割成“冲压坯件”以在冲压机中进一步成形的步骤。也可在温成形之前通过冲压使薄板或坯件成形。

[0069] 工业过程

[0070] 将所公开的方法并入用于铝合金制品,例如冲压铝制品(例如冲压汽车覆盖件),

生产的现有的方法和生产线中,从而以合理且经济的方式改进方法和所得制品。用于执行这些方法并和生产本文所描述制品的装置和系统包括在本发明的范围内。

[0071] 用于生产冲压铝合金制品,例如机动车覆盖件,的一个示例性方法包括在一系列冲压机(“冲压生产线”)中冲压制品的若干(两个或以上,例如两个、三个、四个、五个、六个或更多)步骤。所述方法包括在一个或多个冲压步骤之前或期间的不同过程点执行的一个或多个热处理步骤。在第一冲压步骤前提供冲压坯件。可在第一冲压步骤前对冲压坯件实施加热步骤(亦即,在冲压生产线的入口处),加热步骤也可包括在一个或多个第一或中间压制步骤之后。例如,如果冲压生产线包括五个冲击机和相应的步骤,那么加热步骤可包括在一个或多个第一、第二、第三、第四和第五中间冲压步骤之前。

[0072] 可将加热步骤以各种组合包括在生产方法中,并且当决定加热步骤在生产方法中的特定组合和设置时可考虑各种因素。例如,加热步骤可发生在其中期望较高成形性的一个或多个冲压步骤之前。所述方法可包括一个或多个温成形步骤和一个或多个冷成形步骤。例如,在两步方法中,可在温成形步骤中使铝薄板成形,然后是冷成形步骤。可替代地,冷成形步骤可在温成形步骤之前。

[0073] 还公开了用于执行生产或制造铝合金制品的方法的系统,这些系统包括用于实施所公开方法的设备。一个示例性系统是用于生产冲压制品,例如覆盖件,的冲压生产线,所述冲压生产线包括在生产线的各种点的温成形工位或系统。

[0074] 所公开的方法可以包括在铝制品生产中采用的其它步骤,例如切割、卷边、连接、与成形同时地或在成形后执行的其它热处理步骤、冷却、时效硬化或者用合适的漆或涂层涂覆或涂装制品的步骤。这些方法可以包括烘漆步骤,这可以被称为“烘漆”、“烤漆”、“烤漆循环”或其它相关术语。在铝制品生产或制造的方法中采用的一些步骤,例如成形后热处理步骤和烤漆循环,会影响制造所述制品的铝合金的时效并因此影响其机械特性,例如强度。

[0075] 生产或制造铝制品的一个示例性方法可包括以下步骤:以约 $3^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 至 $200^{\circ}\text{C}/\text{s}$,例如约 $3^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 至 $90^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 或 $90^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 的加热速率将由硬化的可热处理、可时效硬化的铝合金制成的铝合金坯件(例如,由处于T6或T61回火状态的6XXX系合金制成的坯件)加热到 125°C 至 425°C 的温度。在一些情况下,可以例如通过迅速地将坯件转移到冲压工具中,通过在冲压工具中的冲压使坯件成形,在冲压后,通过切割、卷边以及连接中的一个或多个步骤使所述坯件成形。生产或制造铝制品的另一个示例性方法可包括以下步骤:将由硬化的可热处理、可时效硬化的铝合金制成的铝合金坯件(例如,由处于T6或T61回火状态的6XXX系合金制成的坯件)以 $3^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 至 $90^{\circ}\text{C}/\text{s}$,例如 $90^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 的加热速率加热到 150°C 至 250°C 的温度,迅速地将所述坯件转移到冲压工具中,通过在冲压工具中进行冲压使坯件成形,在冲压后进行切割、卷边以及连接中的一个或多个步骤。

[0076] 在一些实例中,可任选地在上述温成形步骤之后添加额外的冷成形步骤。在一些实例中,冷成形步骤可以提供,大于由单一温成形步骤所得被加热制品的伸长率的由冷成形步骤所得制品的伸长率。例如,由冷成形步骤所得制品的伸长率可以在由第一温成形步骤所得被加热制品的伸长率的约75%至约125%之间。在一些实例中,冷成形步骤所得伸长率可以是第一温成形步骤的75%、80%、85%、90%、95%、100%、105%、110%、115%、120%或125%,从而导致所述制品的总伸长率可能大于进行单一温成形步骤的制品的总伸长率。下面的实例6提供显示伸长率增加的试验数据。也可添加任选的成形后热处理步骤。

[0077] 以下的实例将用来进一步说明本发明,但同时并不构成对本发明的任何限制。相反,应清楚理解的是,在不背离本发明的精神的前提下,在阅读本文中的描述之后,本领域技术人员可参考各种实施例,想到本发明的修改和等同物。

[0078] 实例1

[0079] 处于T4、T61以及T6回火状态的AA6016合金样品的室温拉伸试验

[0080] 进行了处于T4、T61以及T6回火状态的AA6016铝合金样品的室温拉伸试验。将通过拉伸试验获得的应力-应变曲线示于图1。试验样品是成形的AA6016合金的试样,如图2中所示。这些试样具有1.2mm的厚度。以如下方式对这些试样进行了处理:“T4”样品-在室温下时效达1个月;“T61”样品-T4回火样品在140℃下热处理达14小时;“T6”样品-T4样品在180℃下热处理达14小时。图1中所示的应力-应变曲线显示在三种回火下强度和成形性的差异。

[0081] 实例2

[0082] AA6016的高温拉伸试验

[0083] 进行了AA6016铝合金样品的高温拉伸试验。就高温试验而言,通过感应加热以90℃/s的加热速率将大致类似于图2中所示试样且具有1.2mm厚度的各试样加热到各种温度(如在图3中所示)。使用高温计来测量各试样的温度。在拉伸试验期间保持各试样的规定试验温度。图3示出了在拉伸试验之前和期间处于T4回火状态的AA6016铝合金样品的加热曲线,其中箭头表示一旦试样实现目标温度则开始拉伸试验。处于T6或T61回火状态的AA6016铝合金样品的加热曲线类似于图3(未图示,样品的加热独立于样品回火)。

[0084] 图4示出了通过感应加热以90℃/s的加热速率被加热到各种温度(如图中所示)的处于T61回火状态的AA6016合金样品的应力-应变曲线。还示出了在室温(“RT”)下AA6016合金样品的应力-应变曲线。垂直的实线代表室温(RT)样品的总伸长率。垂直的点线代表与室温样品的总伸长率相比,3%的总伸长率的增加。图5示出了通过感应加热以90℃/s的加热速率被加热到各种温度(如图中所示)的处于T6回火状态的AA6016合金样品的应力-应变曲线。还示出了在室温(“RT”)下AA6016合金样品的应力-应变曲线。垂直的实线代表室温(RT)样品的总伸长率。垂直的点线代表与室温样品的总伸长率相比,5%的总伸长率的增加。拉伸试验表明将AA6016合金样品加热到150℃至250℃的温度可导致与在室温(RT)下处于相同回火状态的AA6016试样所显示的总伸长率相比,3%至5%的总伸长率的增加。如图4中所示,将处于T61回火状态的AA6016合金样品加热到300℃导致约33.3%的总伸长率的增加。拉伸试验表明可以实现处于T6或T61回火状态的合金样品的总伸长率的有利增加,同时保持对于温成形而言可接受的强度特性。

[0085] 实例3

[0086] 热处理后拉伸试验

[0087] 进行了处于T6和T61回火状态的AA6016铝合金样品的热处理后拉伸试验。试验样品是成形的AA6016合金样品的试样,如在图2中所示。这些样品具有1.2mm的厚度。就热处理后试验,通过感应加热以90℃/s的加热速率将各样品加热到各种温度,在水中冷却(“水淬火”)并且在水淬火之后在室温下时效达1周。拉伸试验是在室温下进行。还对保持在室温下(在图6和图7中是“RT”)的AA6016的样品进行了测试,用于比较。

[0088] 图6示出了处于T61回火状态的热处理后AA6016样品的应力-应变曲线。图7示出了处于T6回火状态的热处理后AA6016样品的应力-应变曲线。在150℃、200℃以及250℃下处

理的样品的热处理后应力-应变曲线具有大致相似的形状和幅值,并且也类似于室温 (RT) 样品的应力-应变曲线。在图6和图7中所示的应力-应变曲线表明试验中所使用的热处理基本上不改变AA6016样品的残余机械特性。另外,上述的数据表明在温成形步骤后执行冷成形步骤提高了总成形的可能性,在此情况下,几乎使总成形的可能性加倍。

[0089] 实例4

[0090] 不同加热速率下被加热样品的热处理后拉伸试验

[0091] 进行了以不同的加热速率将处于T6回火状态的AA6016合金样品进行加热的拉伸试验。试验样品是AA6016样品,如在图2中所示。这些样品各自具有1.2mm的厚度。就热处理后试验而言,通过感应加热以3℃/s的加热速率(在图8中定义的曲线和在图9的各组中的左直方图)或90℃/s(图8中定义的曲线和在图9的各组中的右直方图)将各样品加热到各种温度,在水中冷却(“水淬火”)并且在室温下时效达1周。还对保持在室温下(在图8中是“RT”)的AA6016合金样品进行了测试,用于比较。图8示出了如此处理的在室温下进行测试的AA6016样品的应力-应变曲线。还示出了保持在室温下的AA6016合金样品的应力-应变曲线(在图中被称为“REF T4”)。

[0092] 图9是显示以与用于形成图8的试验中的样品相同的方式处理的AA6016合金样品的比较电导率测量的结果的柱状图。通过感应加热以3℃/s的加热速率(各对的左直方图柱)和90℃/s(各对的右直方图柱)将处于T6回火状态的样品加热到各种温度(如图中所示),水淬火,随后在室温下时效达1周。水平线表示处于T4回火状态的AA6016样品的预期电导率水平。图10是显示通过感应加热以90℃/s的加热速率在各种温度下(如图中所示)进行处理,在水中冷却(“水淬火”)并且在室温下时效达1周的处于T61回火(各组中的左直方图柱)和T6回火(各组中的右直方图柱)的AA6016合金样品比较电导率测量的结果的柱状图。图11示出了通过感应加热以3℃/s的加热速率在各种温度下(如图中所示)进行测试的AA6016合金样品的应力-应变曲线。

[0093] 图8和图9中所示的试验数据表明加热速率影响了AA6016合金样品的机械特性和冶金状态。当采用90℃/s的较高加热速率时,在较大的温度范围内伸长率提高而未发生强度损失。与此观察结果一致,以3℃/s的较低加热速率进行加热导致在较高温度下进行热处理的样品的冶金状态改变(如图中电导率测量所示)。图10中的试验数据显示,与在较高温度(例如,从350℃至500℃)下进行热处理的处于T6和T61回火状态的样品相比较,在较低温度(例如,从室温到300℃)下进行热处理的处于T6和T61回火状态的各种样品之间的冶金状态的差异更大。

[0094] 实例5

[0095] 试验室规模冲压

[0096] 将处于T6回火状态的铝合金AA6016薄板(2mm厚度)切割成40cm×10cm的冲压坯件。任选地,根据本文中所描述的温成形方法对所述矩形件进行加热。将四个样品使用于所述冲压试验。不在室温下(约25℃)对样品1进行加热和冲压。将样品2加热到200℃。将样品3加热到250℃。将样品4加热到350℃。试验参数和结果如表1所示。

[0097] 表1

[0098]	样品编号	预热温度℃	拉伸深度 mm	结果	布氏硬度 HB5
--------	------	-------	---------	----	----------

[0099]	1	不适用	40	失效	103
	2	200	40	未失效	100
	3	250	40	未失效	76
	4	350	40	未失效	54

[0100] 样品1被拉伸到40mm的深度并且出现断裂和最终失效,如图12中所示。将样品2预热到200℃并拉伸到40mm的深度并且未失效,如图13中所示。将样品3预热到250℃并拉伸到40mm的深度并且未失效,如图14中所示。将样品4预热到350℃并拉伸到40mm的深度并且未失效,如图15中所示。在冲压后按照ISO6506-1标准测量所有样品的布氏硬度。

[0101] 冲压结果提示在将合金预热之后可以安全地生产零件。薄板的成形性以冲压零件实现拉伸深度且未破裂来表征。薄板的强度(以硬度结果为例)在200℃下保持不变,在预热到250℃时略有下降(但仍可接受)而在预热到较高温度时显著地下降。

[0102] 实例6

[0103] 用于预热合金中的较大拉伸深度的两步冲压过程

[0104] 将处于T6回火状态的铝合金AA6016薄板(2mm厚度)切割成40cm×10cm的冲压坯件。在两步冲压过程的第一步中,根据本文中所描述的温成形方法对矩形件进行加热。将三个样品用于冲压试验。将样品5加热到200℃。将样品6加热到250℃。将样品7加热到350℃。来自实例5的样品1也被包括作为参考。试验参数和结果如表2所示。

[0105] 表2

[0106]	样品编号	预热温度℃	拉伸深度#1 温 mm	拉伸深度#2 室温 mm	结果	布氏硬度 HB5
	1	不适用	不适用	40	失效	103
	5	200	40	40	未失效	96
	6	250	40	40	未失效	78
	7	350	40	40	未失效	55

[0107] 将样品1拉伸到40mm的深度并且出现断裂和最终失效,如图12中所示。将样品5预热到200℃并拉伸到40mm的深度并且未失效。使样品5冷却至室温并且再拉伸40mm到80mm的总拉伸深度并且未失效,如图16中所示。将样品6预热到250℃并拉伸到40mm的深度并且未失效。使样品6冷却至室温并且再拉伸40mm到80mm的总拉伸深度并且未失效,如图17中所示。将样品7预热到350℃并拉伸到40mm的深度并且未失效。使样品7冷却至室温并且再拉伸40mm到80mm的总拉伸深度并且未失效,如图18中所示。在冲压之后按照ISO6506-1标准测量所有样品的布氏硬度。

[0108] 在未将合金预热(参见图12)的情况下不能在室温下冲压到40mm的拉伸深度。如果选择的预热温度适当,实施两步过程可以允许冲压到至少80mm的拉伸深度,同时保持T6强度。在实例6中所描述且在图12和图16至图18中所示出的冲压结果与基于图19所示的用于预热到250℃的不同样品的拉伸曲线测量的伸长率一致。例如,如图19中所示,与用于保持在室温下(在图19中被称为“RT”)的样品和其中仅实施一步成形方法的样品(被称为“T6 250℃”)的拉伸曲线相比,用于其中实施所公开的两步成形方法的样品的拉伸曲线显示更高的工程应变值(x轴)。保持在室温的样品的工程应变值为约29%,并且在单一温成形步骤中成形的样品的工程应变为约31%。图19还示出了通过两步方法成形的两个样品的约34%和35%的极限工程应变值。第一成形步骤是由最初分别应变到约15%和约20%的样品的被

称为“T6 250℃-15%”和“T6 250℃-20%”的曲线所表示。在室温下使预应变的样品进一步应变(由被称为“T6 250℃-15% RT”和“T6 250℃-20% RT”的曲线所表示),作为第二成形步骤。预应变到约13% (T6 250℃-15% RT) 和17% (T6 250℃-20% RT) 使形成极限应变值成为可能。

[0109] 上面引用的所有专利、专利申请、公布以及摘要以引用方式整体并入本文。已描述了本发明的各种实例,以便实现本发明的各种目的。这些实例仅仅是本发明原理的例证。在不背离如所附权利要求中所限定的本发明的精神和范围的前提下,本发明的许多修改和调整对本领域技术人员将是显而易见的。

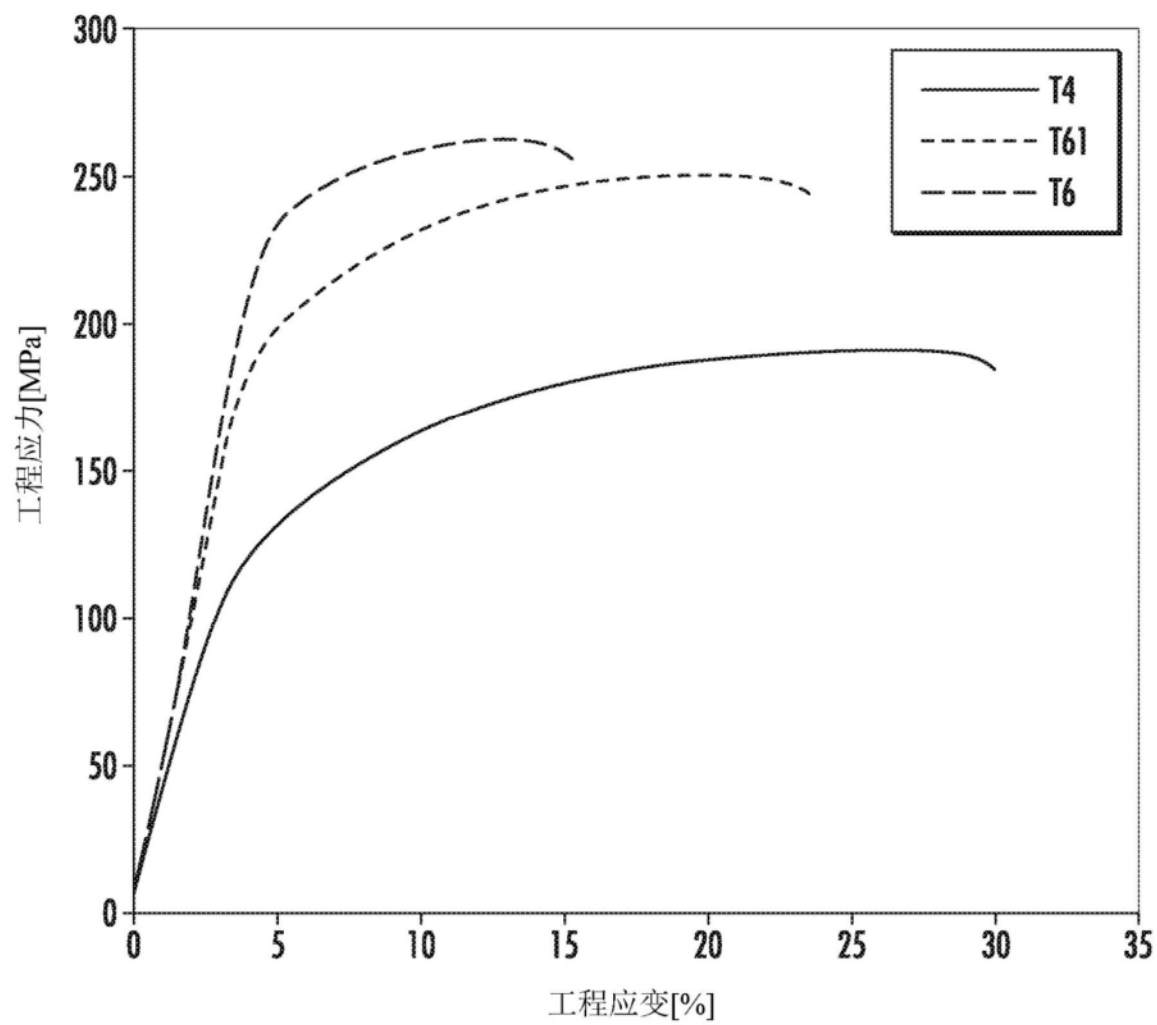


图1

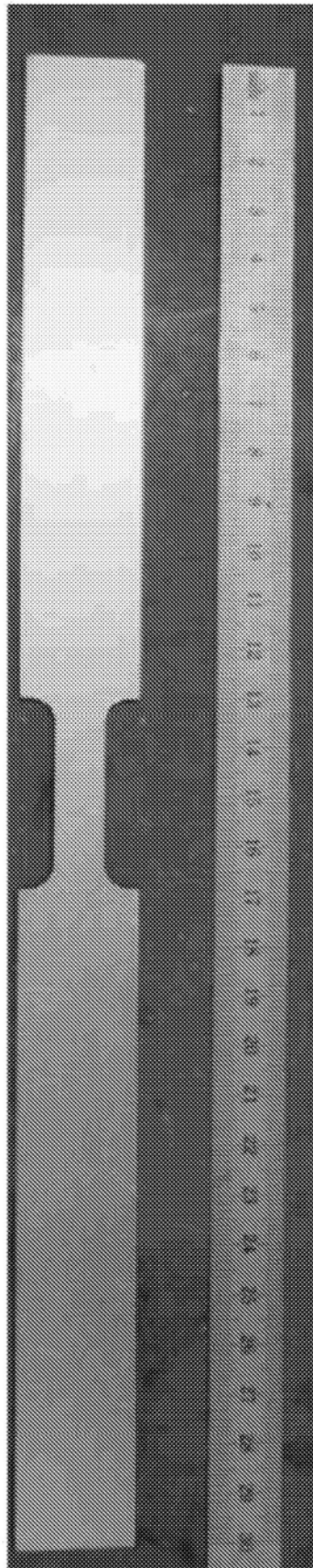


图2

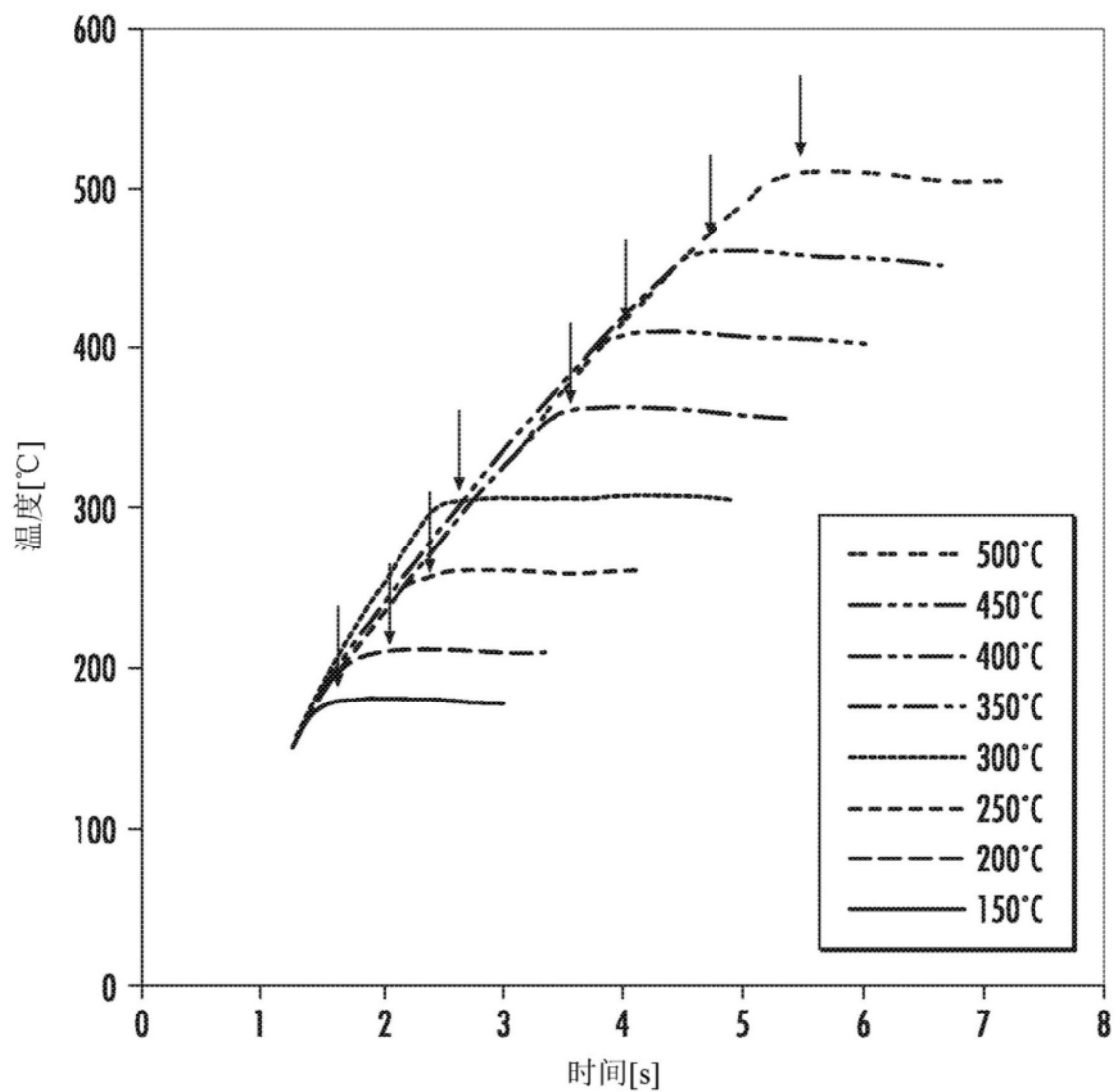


图3

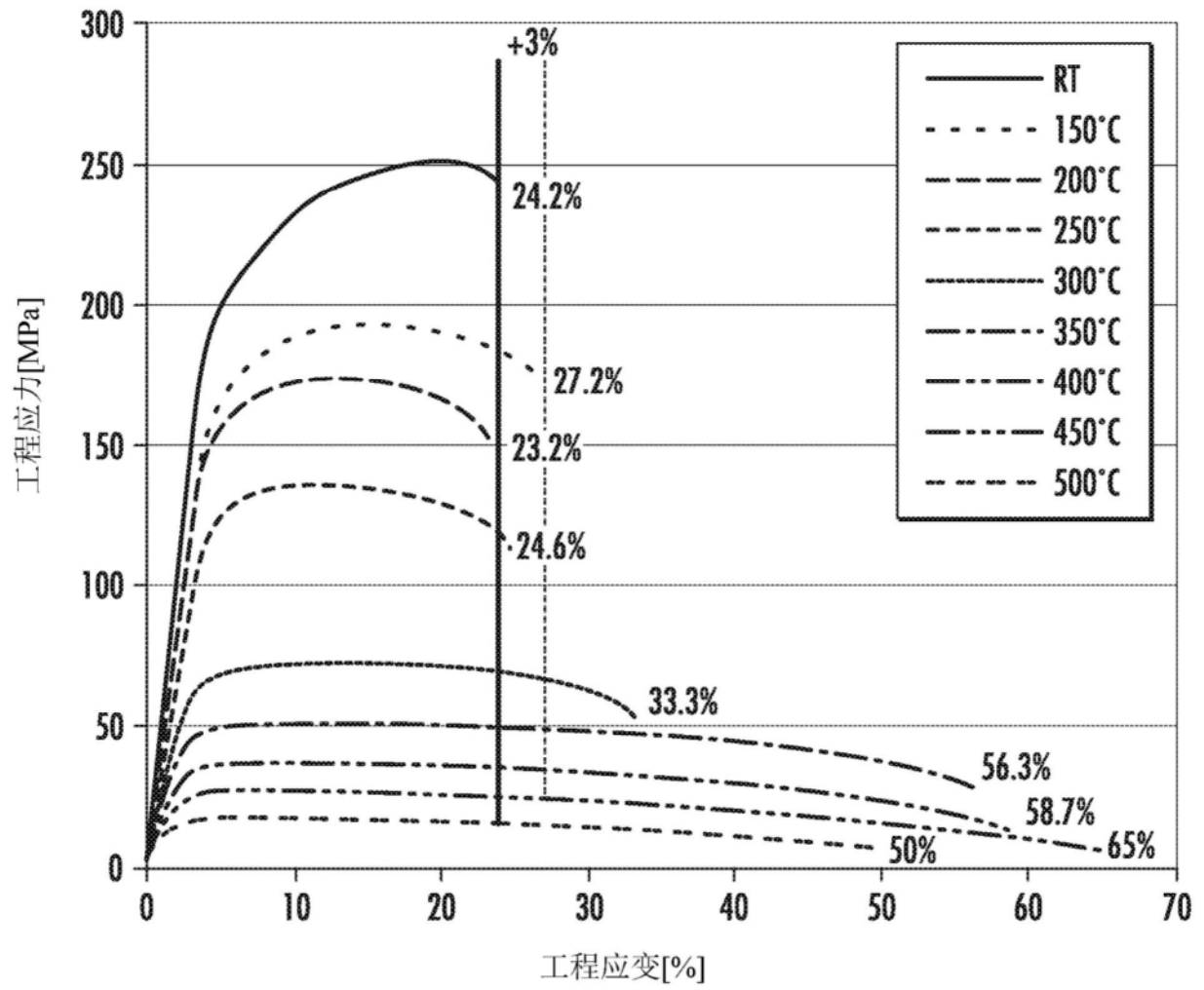


图4

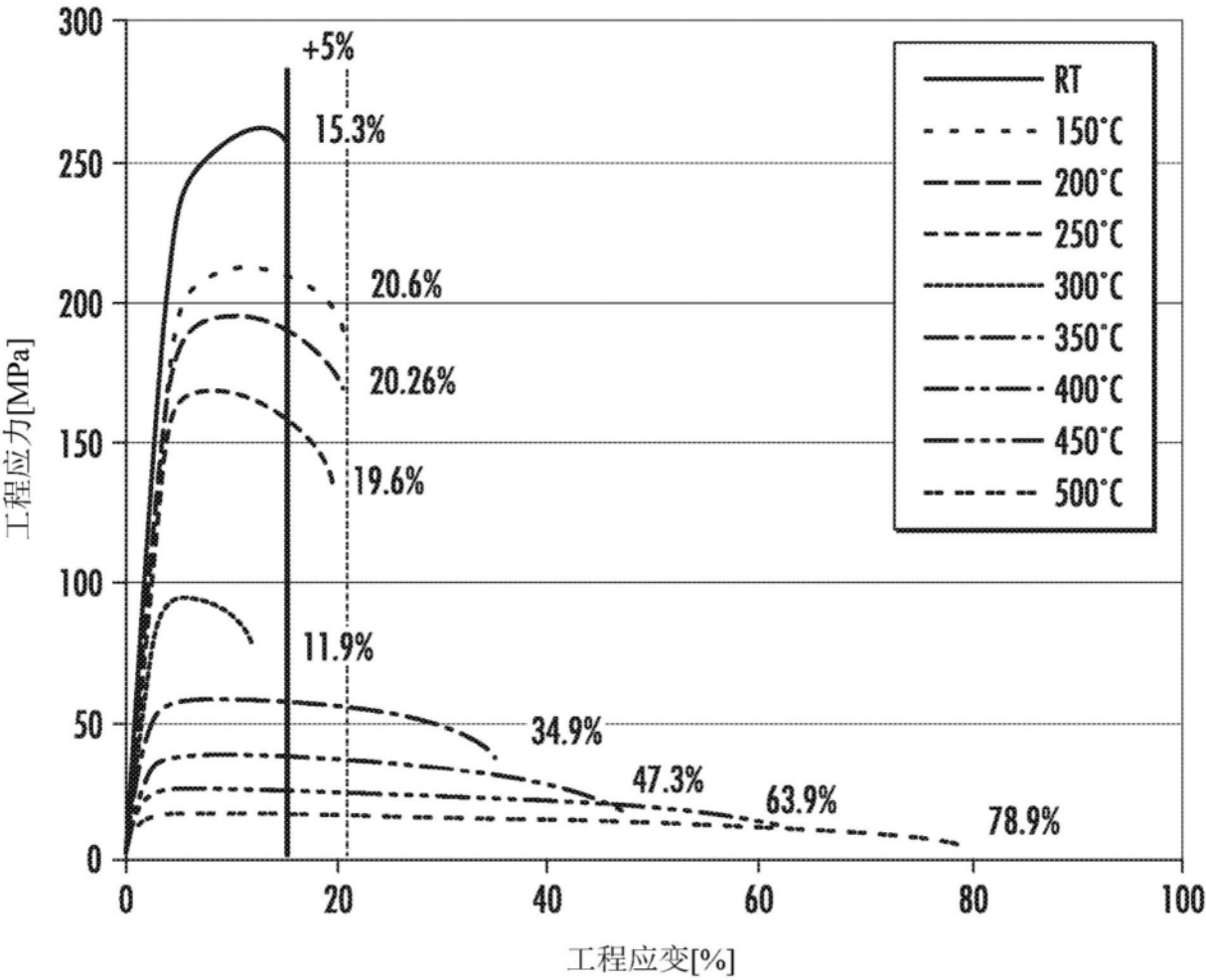


图5

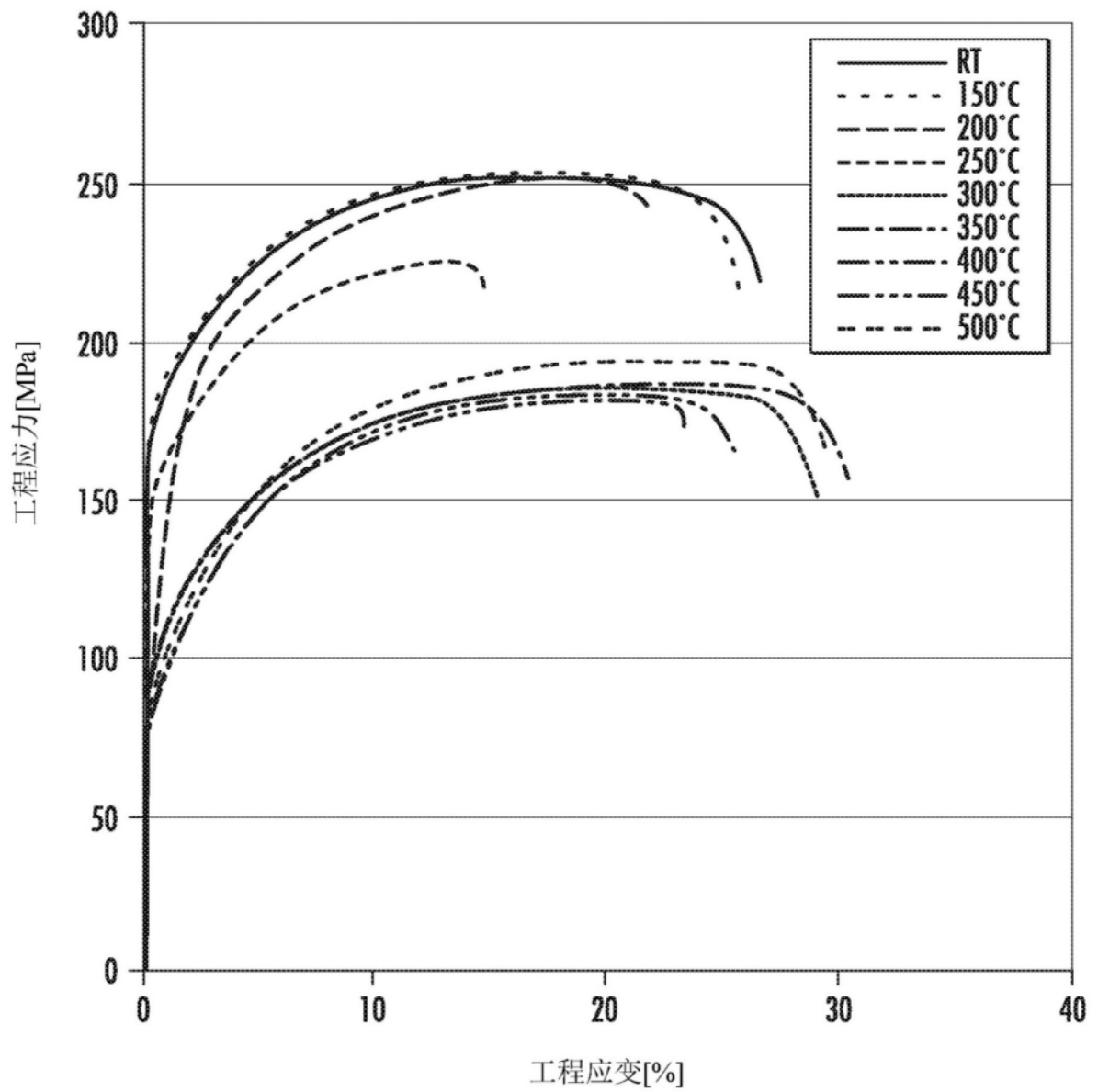


图6

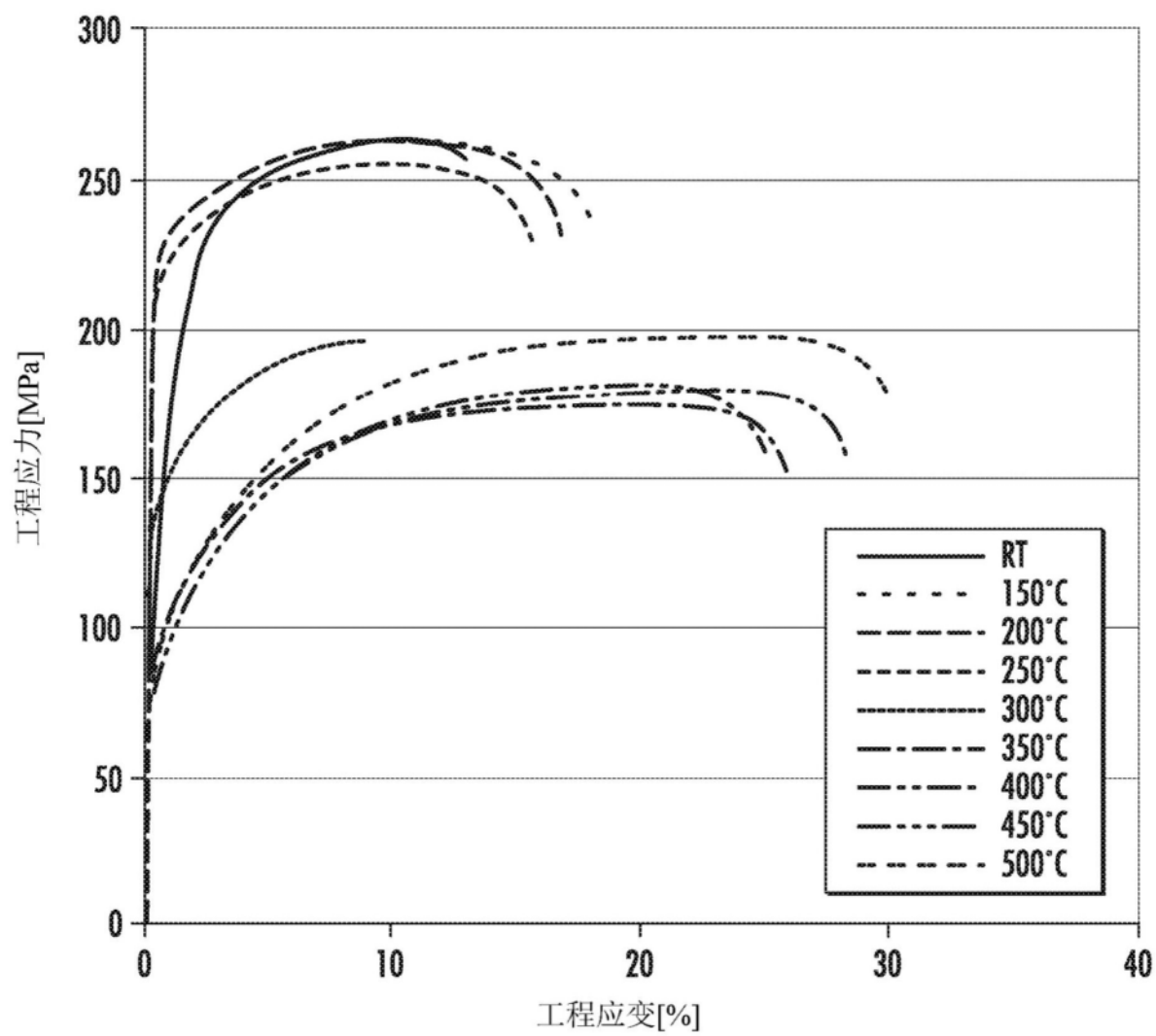


图7

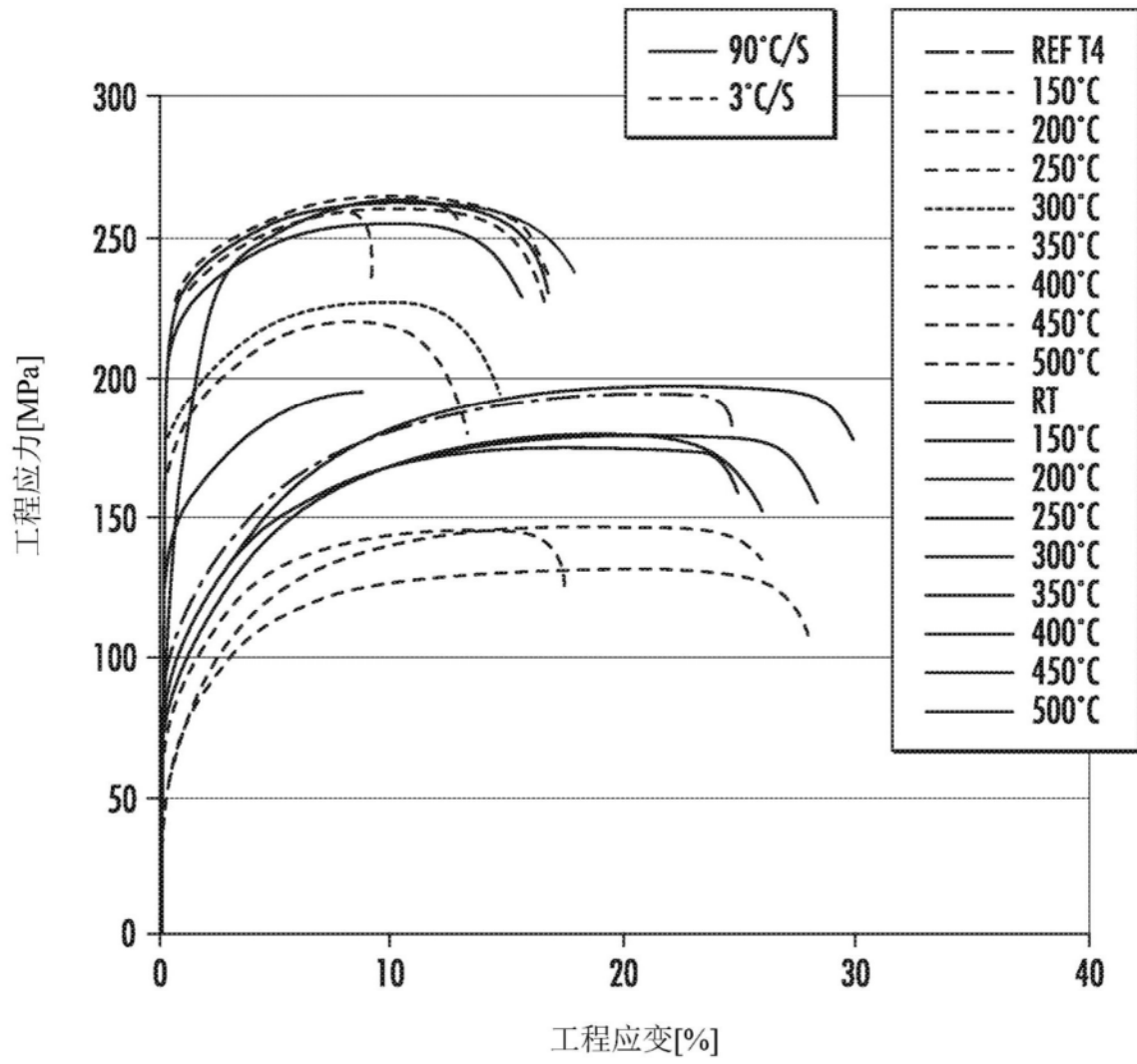


图8

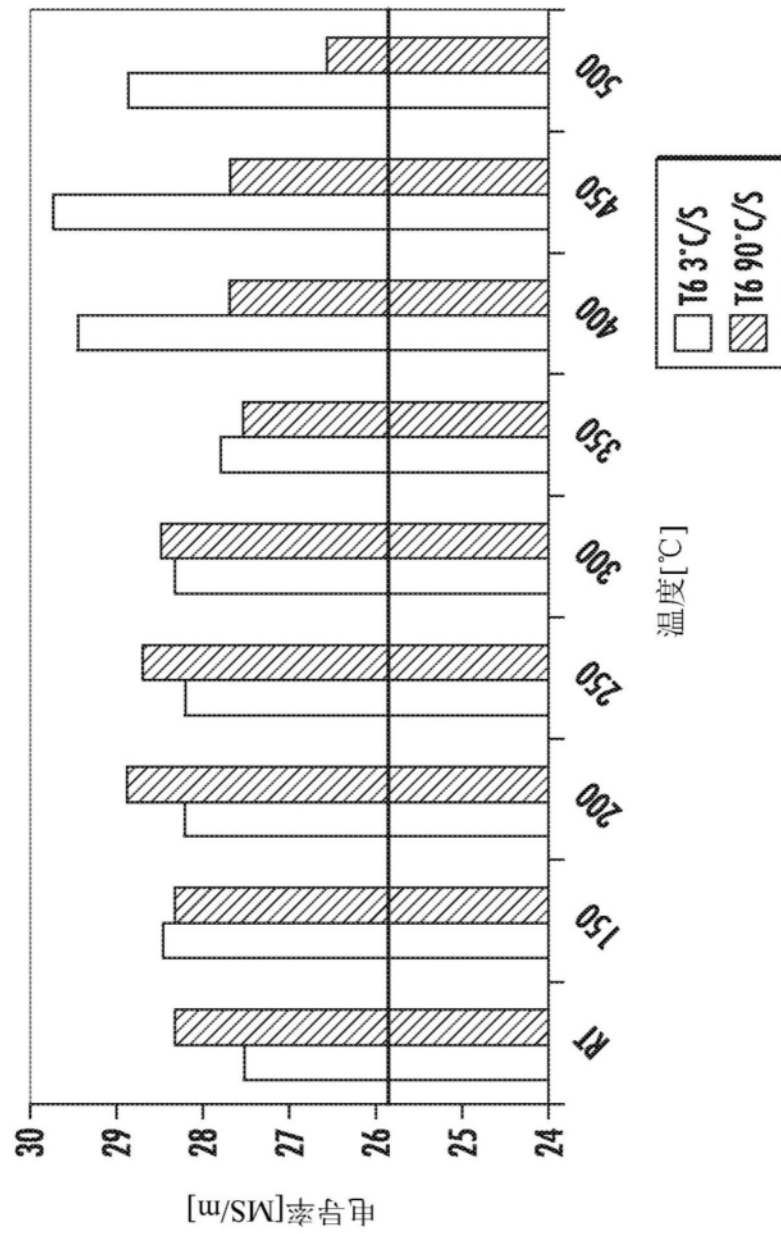


图9

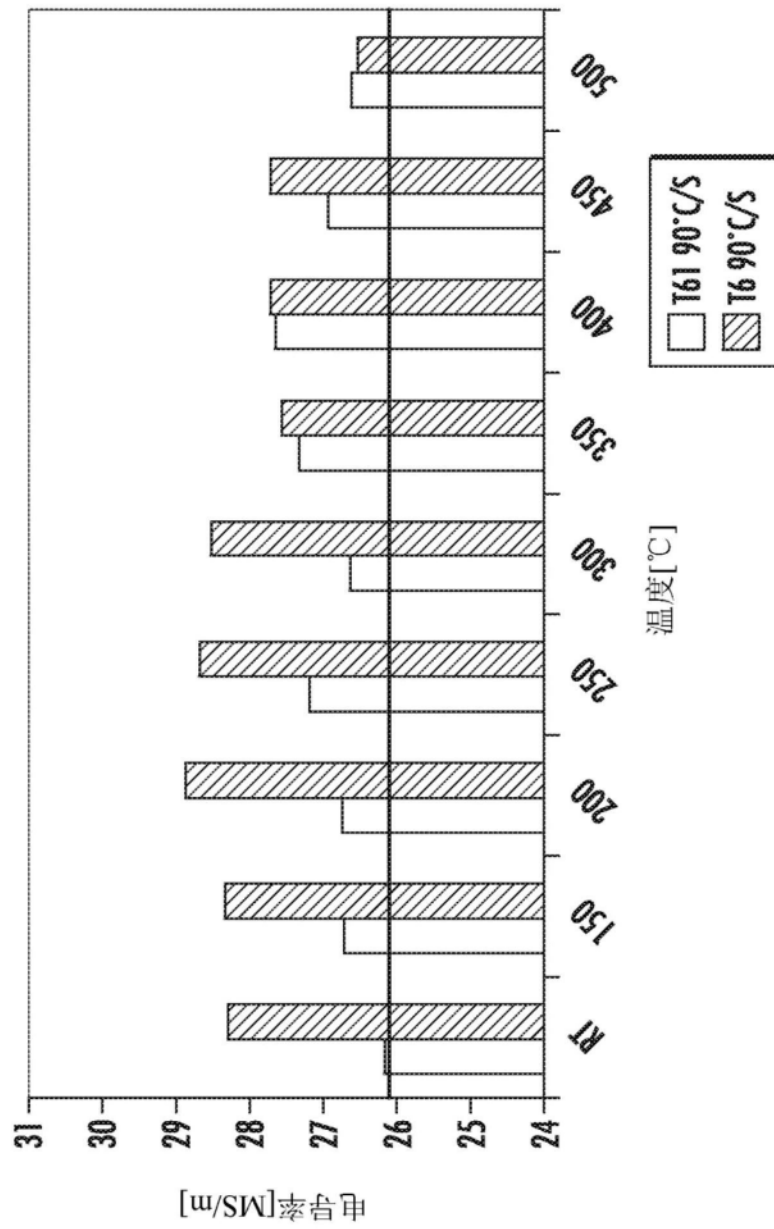


图10

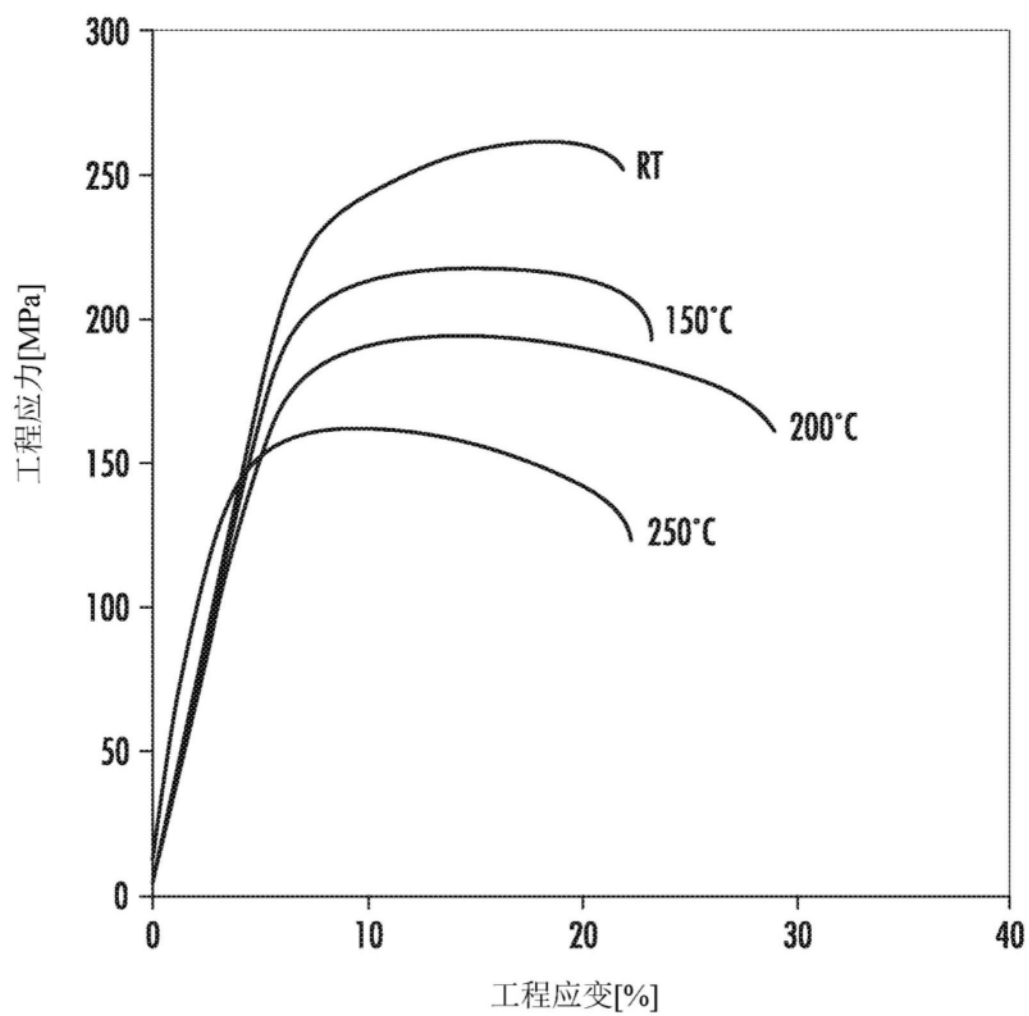


图11

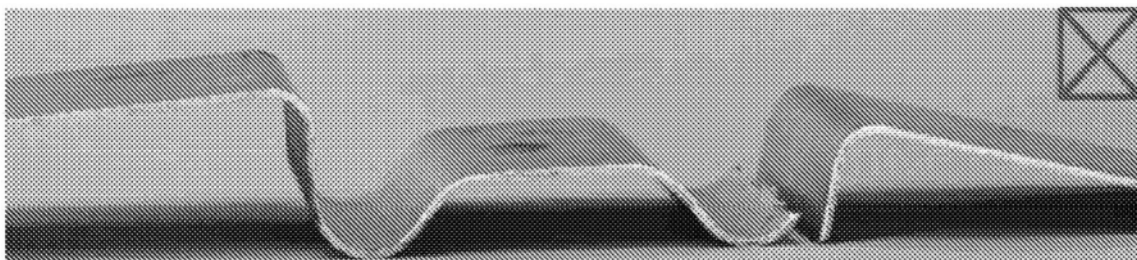


图12

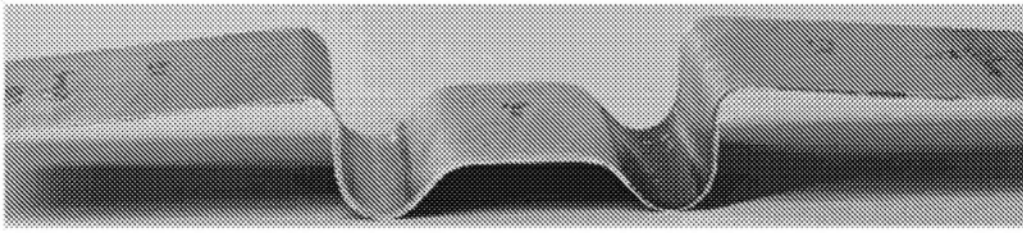


图13

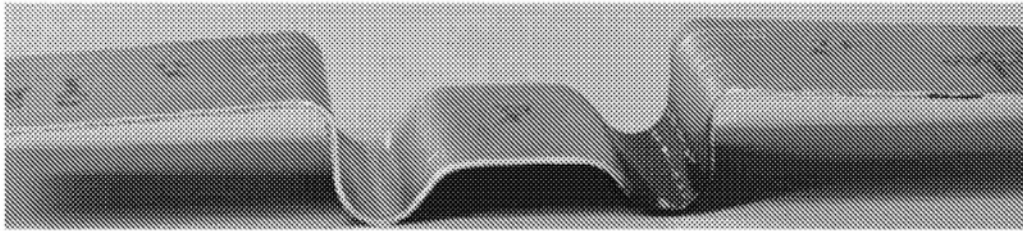


图14

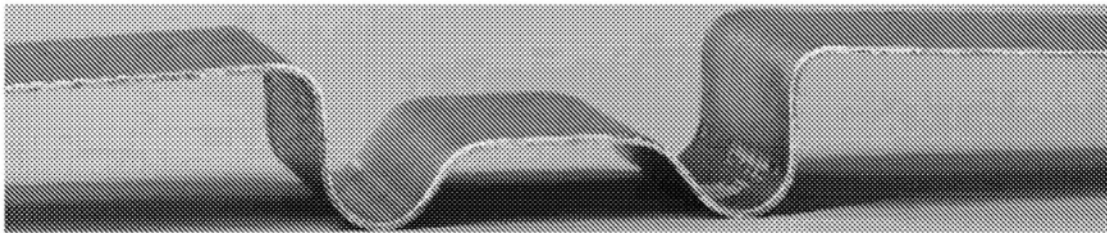


图15

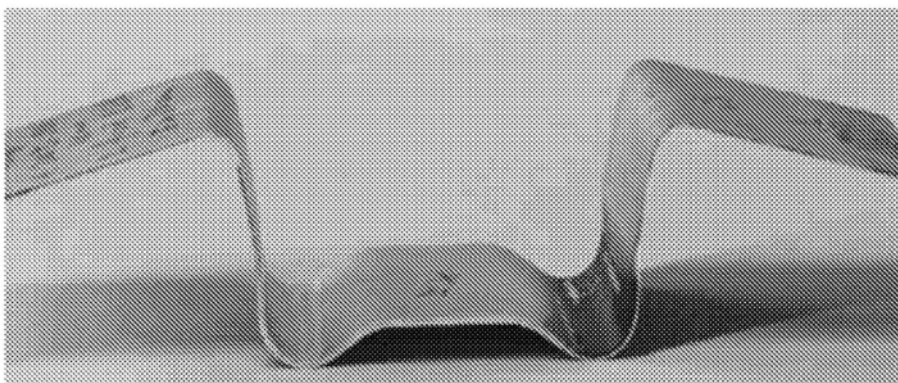


图16

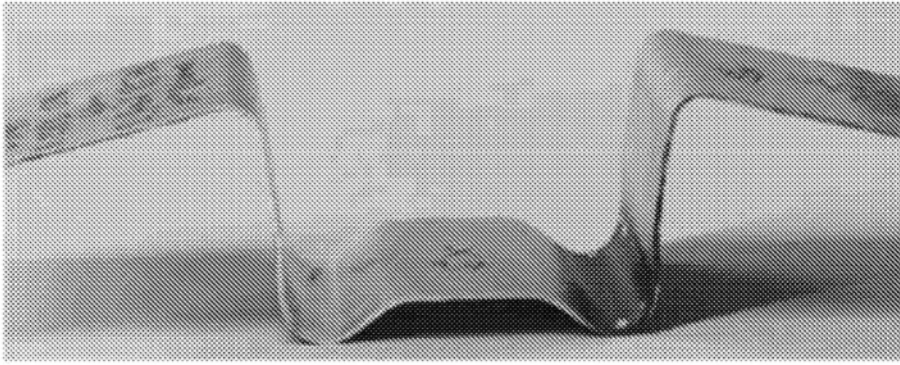


图17

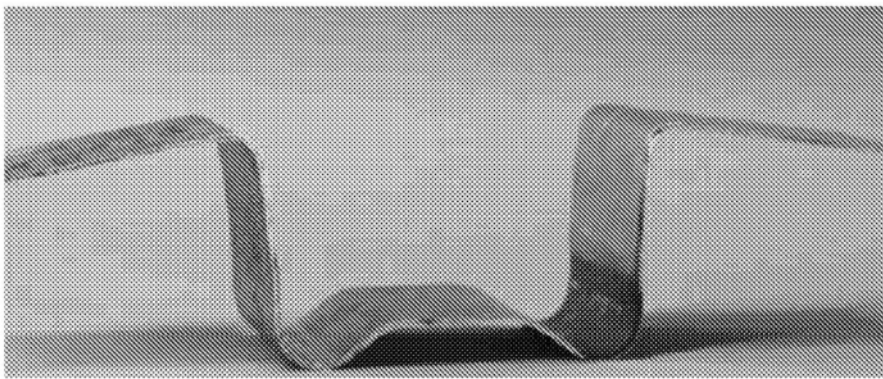


图18

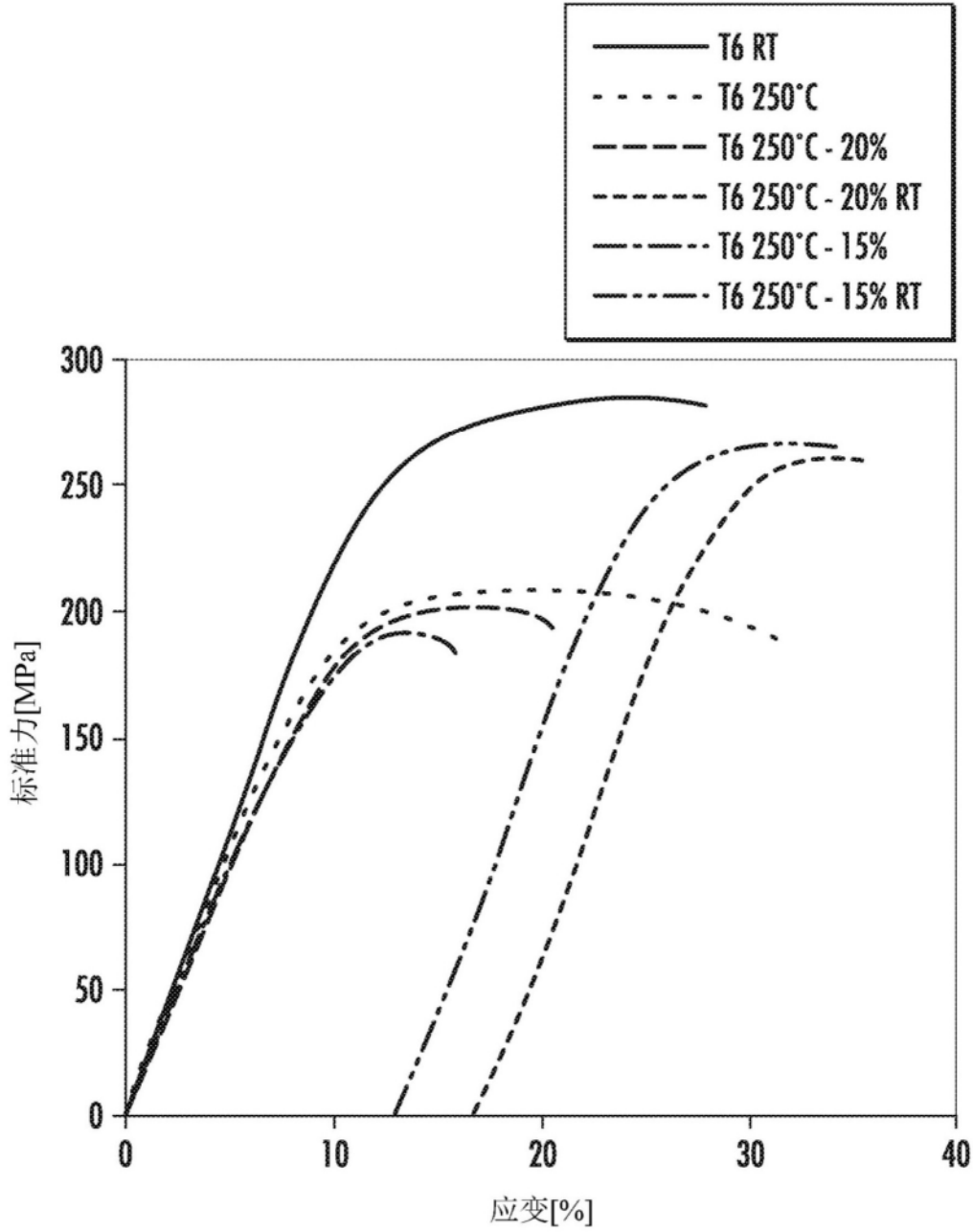


图19