



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104404414 A

(43) 申请公布日 2015. 03. 11

(21) 申请号 201410741289. 2

(22) 申请日 2014. 12. 09

(71) 申请人 中南大学

地址 410083 湖南省长沙市麓山南路 932 号

(72) 发明人 蔺永诚 张金龙 刘冠

(51) Int. Cl.

C22F 1/053(2006. 01)

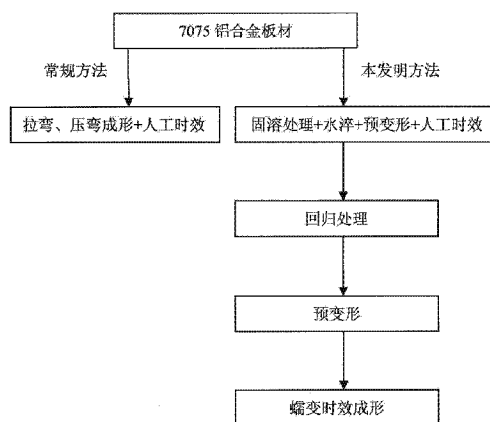
权利要求书1页 说明书3页 附图2页

## (54) 发明名称

一种 7075 铝合金板材蠕变时效成形方法

## (57) 摘要

本发明公开了一种 7075 铝合金板材蠕变时效成形方法,其方法的步骤包括:(1)将 2~40mm 厚的 7075 铝合金板材在 466~480℃进行 30~90 分钟的固溶处理,然后水淬,随后进行 1~5% 的预变形,最后进行 80~120℃,6~24 小时的人工时效处理;(2)进行回归处理,回归处理的温度为 160~200℃,保温时间为 20~180 分钟,然后进行室温水淬;(3)将回归处理后的板材进行 1~5% 的预变形,然后将板材置于模具中并固定;(4)进行蠕变时效成形,蠕变时效成形温度为 120~160℃,外加应力为 200~260MPa,成形时间为 12~24 小时;(5)从模具中卸载板材。利用本发明方法处理 7075 铝合金板材,在保证铝合金板材强度的同时,可有效提高 7075 铝合金板材的耐腐蚀性能。



1. 一种 7075 铝合金板材蠕变时效成形方法,其特征在于:利用 7075 铝合金的蠕变时效特性实现板材的成形,并获得理想的综合性能,该方法包括以下步骤:

步骤 1:对 7075 铝合金板材进行固溶处理,然后水淬,随后进行预变形,最后进行人工时效处理;

步骤 2:对经过步骤 1 处理后的合金板材进行回归处理,然后进行室温水淬;

步骤 3:对经过步骤 2 处理后的合金板材进行预变形,然后将板材置于模具中并固定;

步骤 4:对经过步骤 3 处理的合金板材进行蠕变时效成形;

步骤 5:从模具中卸载板材。

2. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于:步骤 1 中所述的 7075 铝合金板材的厚度为 2 ~ 40mm。

3. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于:步骤 1 中所述的固溶处理温度为 466 ~ 480℃,固溶处理时间为 30 ~ 90 分钟。

4. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于:步骤 1 中所述的预变形量为 1 ~ 5%。

5. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于:步骤 1 中所述人工时效处理温度为 80 ~ 120℃,人工时效处理时间为 6 ~ 24 小时。

6. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于:步骤 2 中所述的回归处理温度为 160 ~ 200℃,保温时间为 20 ~ 180 分钟。

7. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于:步骤 3 中所述的预变形量为 1 ~ 5%。

8. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于:步骤 4 中所述的蠕变时效成形温度为 120 ~ 160℃,外加应力为 200 ~ 260MPa,成形时间为 12 ~ 24 小时。

9. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于:最终获得的合金板材的维氏硬度值 (HV) 为 176.0 到 189.5,腐蚀电位为  $-0.752V_{SCE}$  到  $-0.716V_{SCE}$ 、点蚀电位为  $-0.697V_{SCE}$  到  $-0.681V_{SCE}$ ,晶界无析出带宽度为 14.3nm 到 37.5nm。

## 一种 7075 铝合金板材蠕变时效成形方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种 7075 铝合金板材的蠕变时效成形方法,属于有色金属材料加工工程技术领域。

### 技术背景

[0002] 7075 铝金属可热处理强化的高强度铝合金,具有较高的强/重比、良好的热加工性以及高疲劳韧性等优点,成为了现代航空航天装备的关键材料,被广泛用于飞机机翼壁板以及机身蒙皮的制造。近年来,飞机结构件不断向轻量化,长寿命,高可靠性方向发展,服役性能也逐渐地趋于极端化,因此对成形技术提出了很高的要求。整体壁板制造技术是近年来航空航天件的研究热点,蠕变时效成形方法是制造复杂带筋和变厚度整体壁板的理想技术。采用该方法制造的变厚度大尺寸整体壁板具有成形精度高、残余应力小、制造周期短等优点,同时可显著降低生产成本。研究表明,7075 铝合金的主要强化相为  $\eta'$  相 ( $MgZn_2$ ),仅采用人工时效和蠕变时效方法,虽然可获得较高的屈服强度,但是合金耐腐蚀性能较差。通常采用多级时效制度处理的 7075 铝合金具有良好的韧性和耐蚀性时,但是其强度下降了 10~15%。上述方法制备的合金构件均无法满足实际服役要求,并且在成形过程中存在残余应力高、成形周期长等缺点。因此急需一种适合于 7075 铝合金板材蠕变时效成形的新方法,以期在整体壁板成形过程中获得良好的形/性协同发展。

### 发明内容

[0003] 本发明的目的在于提供一种适合 7075 铝合金板材整体成形的蠕变时效方法,解决了目前整体壁板成形过程中的形/性协同发展、同时提高力学性能和抗腐蚀性能的瓶颈问题。

[0004] 为达到上述目的,本发明采用的技术方案是:一种通过调控 7075 铝合金的晶内时效强化相、晶界无析出带的蠕变时效成形方法。该方法的具体步骤为:

[0005] 步骤 1:对 2~40mm 厚的 7075 铝合金板材在 466~480℃ 温度条件下进行 30~90 分钟的固溶处理,然后水淬,随后进行 1~5% 的预变形,最后进行 80~120℃,6~24 小时的人工时效处理;

[0006] 步骤 2:对经过步骤 1 处理后的合金板材进行回归处理,回归处理的温度为 160~200℃,保温时间为 20~180 分钟,然后进行室温水淬;

[0007] 步骤 3:对经过步骤 2 处理后的合金板材进行 1~5% 预变形,然后将板材置于模具中并固定;

[0008] 步骤 4:对经过步骤 3 处理的合金板材进行蠕变时效成形,蠕变时效成形温度为 120~160℃,外加应力为 200~260MPa,成形时间为 12~24 小时。

[0009] 步骤 5:从模具中卸载板材。

[0010] 本发明在热处理中有以下考虑:通过固溶、淬火、预变形和人工时效处理,消除残余应力,同时在合金中引入部分位错,使得合金中时效强化相充分形核,在人工时效后合金

晶内获得细小弥散的沉淀相,晶界处获得尺寸较大并连续分布的沉淀相;回归处理中,合金晶内细小弥散的强化相重新溶解到基体中,晶界析出相发生粗化;通过第二次预变形,板材内部残余应力得到释放,同时引入部分位错。蠕变时效处理中,晶内沉淀相重新析出,晶界沉淀相进一步粗化,时效温度和外加载荷的改变可调控强化相的析出状态,促使合金晶内析出相呈细小弥散分布的特征,而晶界析出相表征为不连续分布状态。这种处理方式很好地调控了析出相的析出行为,在保证强度的同时,有效地提高了铝合金板材的耐腐蚀性能。

[0011] 本发明采用以上方案,具有以下特点:该发明对 7075 铝合金板材进行了回归和蠕变时效处理。在回归处理过程中,晶内时效析出相回溶,晶界析出相粗化;在蠕变时效过程中,通过外加热力场的改变重新调控析出相的析出行为和分布状态。相比人工时效和其它蠕变时效,该方法操作简单,效果显著,有利于在保证 7075 铝合金板材强度的同时,显著提高其耐腐蚀性能,同时可节约原材料,缩短生产周期。

[0012] 本发明所指铝合金板材的硬度是在 TMVS-1 维氏硬度计上采用 2.94N 的力保载 15 秒测试的。动电位循环极化腐蚀试验在 CHI660E 电化学工作站上进行。

### 附图说明

[0013] 图 1 本发明方法处理样品的流程图

[0014] 图 27075 铝合金的 TEM 明场相照片:(a)、(b) 为未经本发明方法处理的晶内和晶界析出相图;(c)、(d) 为经过本发明方法处理的晶内和晶界析出相图

[0015] 图 37075 铝合金的电化学腐蚀形貌 SEM 图:(a)、(b) 为未经本发明方法处理的腐蚀形貌图;(c)、(d) 为经过本发明处理的腐蚀形貌图

### 具体实施方式

[0016] 下面结合附图和具体实施方式对本发明进行详细说明。

[0017] 本发明是一种 7075 铝合金板材的蠕变时效成形方法,以表 1 所示合金成分的 7075 铝合金为例,详细介绍本发明涉及的蠕变时效成形方法。各实例中硬度测试采用 GB/T4340.4-2009 进行试验材料的维氏硬度测定。本发明电化学腐蚀性能测试采用 GB/T24196-2009 进行动电位极化曲线的测试。

[0018] 表 1 本发明实例中所用材料的合金成分 (wt. %)

[0019]

Zn	Mg	Cu	Cr	Fe	Si	Mn	Ti	Al
5.8	2.3	1.5	0.21	0.16	0.07	0.05	0.02	Bal.

[0020] 实施例 1

[0021] A 3mm 厚板材采用 470℃固溶处理 1 小时后进行水淬,随后进行 3%的预变形和 120℃,24 小时的人工时效处理。回归温度为 185℃,加热速率为 10℃/min,回归保温 20 分钟后立即进行水淬。进行 3%的预变形。蠕变时效温度为 120℃,外加应力为 260MPa,成形时间为 24 小时。

[0022] 实施例 2

[0023] B 3mm 厚板材采用 470℃固溶处理 1 小时后进行水淬,随后进行 3%的预变形和 120℃,24 小时的人工时效处理。回归温度为 185℃,加热速率为 10℃/min,回归保温 40 分

钟后立即进行水淬。进行 3% 的预变形。蠕变时效温度为 120℃, 外加应力为 260MPa, 成形时间为 24 小时。

[0024] 实施例 3

[0025] C 3mm 厚板材采用 470℃ 固溶处理 1 小时后进行水淬, 随后进行 3% 的预变形和 120℃, 24 小时的人工时效处理。回归温度为 185℃, 加热速率为 10℃ /mm, 回归保温 60 分钟后立即进行水淬。进行 3% 的预变形。蠕变时效温度为 120℃, 外加应力为 260MPa, 成形时间为 24 小时。

[0026] 对比实施例

[0027] D 3mm 厚板材采用 470℃ 固溶处理 1 小时后进行水淬, 随后进行 3% 的预变形处理, 再进行蠕变时效成形。蠕变时效温度为 120℃, 外加应力为 260MPa, 成形时间为 24 小时。

[0028] 图 2(a) 和 (b) 为未经过本发明方法处理的合金板材晶内和晶界析出相明场相图。从图中可以看出, 细小弥散的析出相均匀地分布在晶内, 而晶界析出相较为粗大, 并呈连续分布状态; 图 2(c) 和 (d) 为经过本发明方法处理的合金板材晶内和晶界析出相明场相图。从图中可以看出, 其晶内析出相与未经过本发明方法处理的晶内析出相相似, 但晶界析出相明显粗化, 呈不连续分布状态, 并且具有较宽的晶界无析出带。因此, 经过本发明方法处理后, 7075 铝合金板材的强度没有明显的下降, 但其耐腐蚀性能显著提高 (如表 2 和表 3 所示)。

[0029] 图 3(a) 和 (b) 为未经过本发明方法处理的合金板材腐蚀形貌图。从图中可以看出, 合金发生了严重的腐蚀, 在板材表面有较大尺寸的点蚀坑出现, 并且点蚀坑发生聚合。图 3(a) 和 (b) 为未经过本发明方法处理的合金板材腐蚀形貌图。从图中可以看出, 合金板材表面仅有少量孤立的点蚀坑出现, 并且点蚀坑的尺寸较小, 深度较浅。因此, 经过本发明方法处理后, 7075 铝合金板材的耐腐蚀性能明显提高。

[0030] 表 2 给出了使用本发明实施例中合金的硬度值、腐蚀电位、点蚀电位以及晶界无析出带宽度。表 3 给出了对比实施例中合金的硬度值、腐蚀电位、点蚀电位以及晶界无析出带宽度。由此可知, 本发明的蠕变时效成形方法可有效的确保理想的力学性能和耐腐蚀性能。

[0031] 表 2 使用本发明实施例中合金的硬度值、腐蚀电位、点蚀电位以及晶界无析出带宽度

[0032]

实施例	维氏硬度值 (HV)	腐蚀电位 (V <sub>SCE</sub> )	点蚀电位 (V <sub>SCE</sub> )	晶界无析出带宽度 (nm)
A	189.5	-0.752	-0.697	14.3
B	190.9	-0.716	-0.681	26.3
C	176.0	-0.726	-0.687	37.5

[0033] 表 3 对比实施例中合金的硬度值、腐蚀电位、点蚀电位以及晶界无析出带宽度

[0034]

对比实施例	维氏硬度值 (HV)	腐蚀电位 (V <sub>SCE</sub> )	点蚀电位 (V <sub>SCE</sub> )	晶界无析出带宽度 (nm)
D	192.6	-0.776	-0.729	12.3

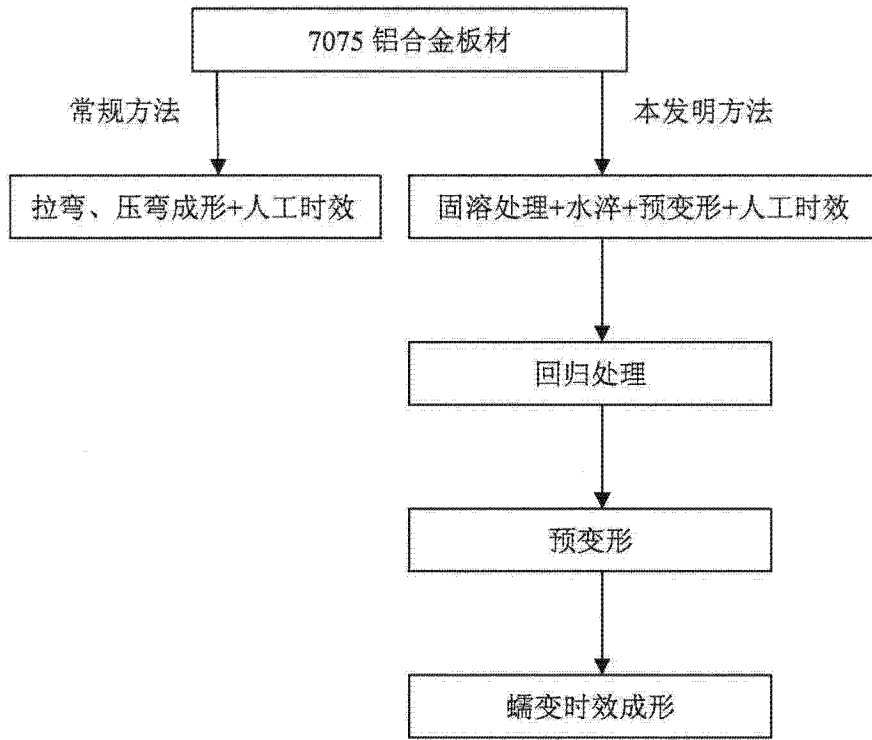


图 1

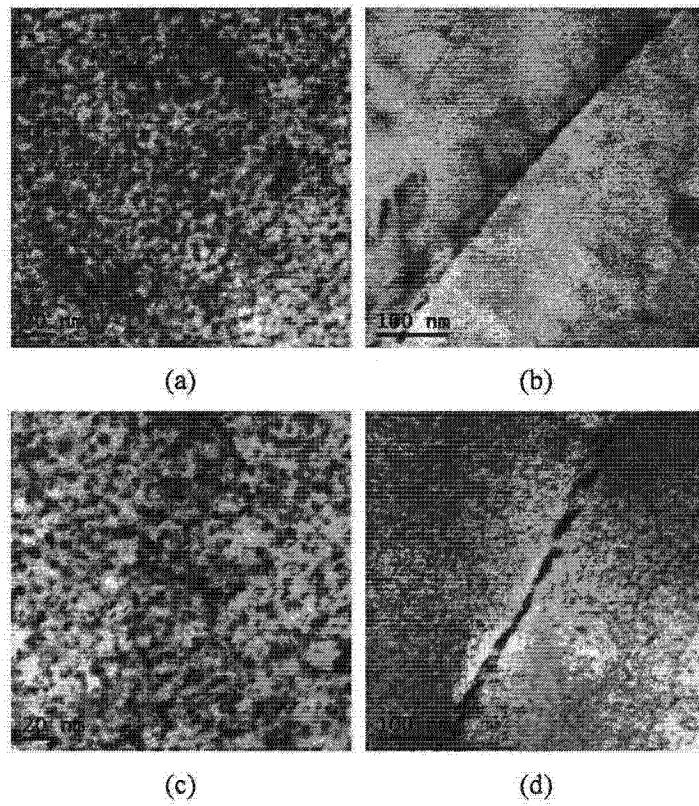


图 2

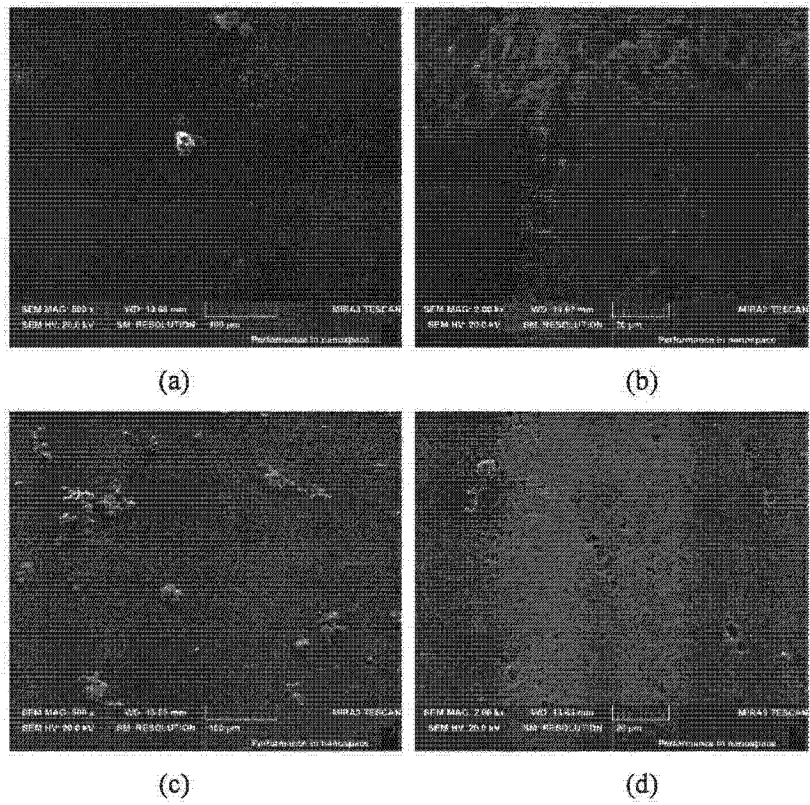


图 3