



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103422098 A

(43) 申请公布日 2013. 12. 04

(21) 申请号 201310282671. 7

(22) 申请日 2013. 07. 08

(71) 申请人 江苏大学

地址 212013 江苏省镇江市京口区学府路
301 号

(72) 发明人 任旭东 刘帆帆 侯丽华 戴文杰
杨慧敏 占秋波

(74) 专利代理机构 南京知识律师事务所 32207
代理人 汪旭东

(51) Int. Cl.

C23F 17/00 (2006. 01)

C21D 7/06 (2006. 01)

C21D 1/09 (2006. 01)

C23C 10/28 (2006. 01)

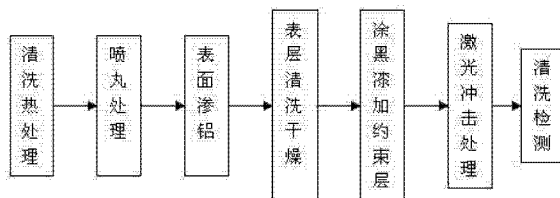
权利要求书1页 说明书3页 附图1页

(54) 发明名称

一种提高材料表面纳米性能的改性方法

(57) 摘要

本发明公开了一种提高材料表面纳米性能的改性方法。这种改性方法将机械喷丸、表面合金化与激光冲击强化处理这三种技术有效的结合起来,零件经过喷丸与粉末渗铝实现了表面纳米合金化改性,再对其表面进行激光冲击强化复合处理,这种工艺顺序大大提高了材料的表面纳米均匀性能,缩短了扩渗时间;同时材料发生高塑性变形,其表面形成大幅残余压应力和高密度位错。经过这种强化方法的零件具有较好的纳米性能:高耐磨性,抗蚀性及抗高温氧化性,大大提高了常温及高温条件下零件的疲劳寿命。



1. 一种提高材料表面纳米性能的改性方法,其特征在于:先利用高能喷丸处理材料表面,提高材料表面强度和细化晶粒;再对其进行渗铝处理,在材料表面形成高热稳定性及抗氧化性能的铝化物涂层;然后激光冲击强化,在材料表面产生的高幅值残余压应力和高密度位错;具体步骤如下:

(A) 预处理:对材料进行除锈,去油,磨边处理,在超声波清洗机中进行酒精浸浴清洗,然后进行热处理;

(B) 喷丸处理:对材料进行喷丸强化处理;

(C) 渗铝处理:清洗干燥后,采用固体粉末渗铝法进行渗铝处理,渗铝参数:渗铝剂由 10%~30% 的铝粉、65%~75% 的氧化铝的填充剂和 1%~5% 的氯化铵助渗剂组成,温度 450~600℃,时间 4~6h;

(D) 表面清洗:用清洗剂洗掉表面粘附的粉末,然后对渗铝后的表面进行打磨、抛光处理;

(E) 激光冲击处理:清洗要冲击的表面,干燥后材料表层涂上黑漆,以水为约束层进行激光冲击,然后清洗黑漆,干燥;激光冲击处理参数为:钕玻璃激光器,激光脉冲宽度 15~30ns,波长是 1.06 μm ,脉冲能量为 15~25J。

2. 根据权利要求 1 所述的一种提高材料表面纳米性能的改性方法,其特征在于:所述步骤 A 中热处理后,将材料在 550~780℃ 下进行退火 2~3h,在空气中冷却。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的一种提高材料表面纳米性能的改性方法,其特征在于:所述步骤 B 进行喷丸强化处理过程采用直径为 0.5~1mm 的铬钼合金弹丸,弹丸质量为 35~40Kg,喷丸速度 V_a 为 45~50m/s,喷丸时间为 1~2h。

一种提高材料表面纳米性能的改性方法

[0001] 技术领域

本发明涉及材料加工处理,金属表面纳米化技术领域,特指使用一种复合处理技术获得表面纳米性能,改善常温及高温疲劳条件下金属材料及合金材料的疲劳性能,延长工件的疲劳寿命的方法,尤其适用于航空航天、核能、机械制造及石油化工等高温零部件表面的纳米颗粒改性。

[0002] 背景技术

近年来,在航空航天、石油化工及机械制造领域,越来越多的构件需要在高温、高腐蚀性、高氧化性的环境下运作,所以构件材料要求具有良好的高温疲劳特性、抗氧化性。大多数材料的失稳始于表面,因而只要在材料的表面制备出一定厚度的纳米颗粒结构表层,即表面纳米化,就能够通过表面组织和性能优化提高材料的整体性能和环境服役行为。

[0003] 专利号为 CN 102140644A 的中国专利公开了一种改变材料表面纳米性能的方法。该方法先对材料进行激光冲击使表层细化,再进行粉末渗铝形成铝化物涂层,最后进行二次激光冲击使涂层纳米化。这种方法获得的铝化物涂层具有较好的抗高温氧化性,腐蚀性,耐磨性及高温疲劳寿命,但是激光冲击处理的效率低,单次处理面积小,整体处理的均匀性不好。机械喷丸能够细化晶粒,提高材料的疲劳强度,同时实现原子的快速扩散,缩短渗铝的时间,并且喷丸处理后的工件表面整体性较均匀,但是喷丸及渗铝处理后材料的粗糙度增加,如果进行多次喷丸,工件表面机械磨损大,不利于材料的高温疲劳性能;激光冲击能量集中,表层处理深度大,对工件表面无机械损伤和热应力损伤,但是处理效率低,单次处理面积小,多次激光冲击仍不能保证整体处理的均匀性。

[0004] 发明内容

本发明提出了一种提高材料表面纳米性能的方法:使用机械喷丸处理预处理后的材料表层,提高表面强度和细化晶粒;然后在 450~600℃温度下对材料进行粉末渗铝,在材料表面形成较高热稳定性及抗氧化性能的铝化物涂层;清洗后,再用激光冲击渗铝后的铝化物涂层,在材料表面产生高幅值残余压应力和高密度位错。这三种技术综合改善了材料的表面纳米性能,大幅度提高了材料的高温疲劳性能,抗高温氧化性能及抗腐蚀性能。具体技术方案如下。

[0005] 1. 预处理:对材料进行除锈,去油,磨边处理,在超声波清洗机中进行酒精浸浴清洗,进行热处理。同时为了消除或减少加工过程中产生的残余应力,提高材料的韧性,热处理后可以将材料在 550~780℃下先进行退火 2~3h,然后在空气中冷却。

[0006] 2. 喷丸处理:喷丸强化可以显著提高材料的疲劳强度,实现表面纳米化。喷丸工艺参数:采用直径为 0.5~1mm 的铬钼合金弹丸,弹丸质量为 35~40Kg,喷丸速度 V_a 为 45~50m/s,喷丸时间为 1~2h。

[0007] 3. 渗铝处理:采用固体粉末渗铝法,由于喷丸处理后表面形成纳米晶组织,表层晶界的体积分数增大,为原子扩散提供了理想通道,降低了渗铝的温度及时间,提高了元素渗入的浓度及深度。渗铝参数:渗铝剂由 10%~30% 的铝粉、65%~75% 的氧化铝的填充剂和 1%~5% 的氯化铵助渗剂组成,温度 450~600℃,时间 4~6h。

[0008] 4. 表面清洗 :用清洗剂洗掉表面粘附的粉末,然后对渗铝后的表面进行打磨、抛光处理。喷丸渗铝后表面粗糙度增大,使材料的抗疲劳性能下降,所以在不影响渗铝层的条件下有必要对渗铝后的表面进行抛光处理。

[0009] 5. 激光冲击处理 :清洗要冲击的表面,干燥后材料表层涂上黑漆,以水为约束层进行激光冲击,然后清洗黑漆,干燥 ;激光冲击处理参数为 :钕玻璃激光器,激光脉冲宽度 $15\sim 30\text{ns}$,波长是 $1.06\ \mu\text{m}$,脉冲能量为 $15\sim 25\text{J}$ 。激光冲击产生高压冲击波,材料在极短时间内发生冷塑性变形,产生残余压应力,同时使材料表层产生均匀、稳定的位错压结构,提高了材料的疲劳性能,耐磨性能及抗腐蚀性能等。

[0010] 本发明的技术效果 :零件材料经过喷丸、渗铝处理后再对其表面进行激光冲击强化复合处理,使其表面形成高幅残余压应力和高的位错密度,有利于降低表面摩擦系数,改善磨损性能,提高材料的疲劳性能。零件材料在达到一定处理深度的同时仍能保证具有较均匀的表面纳米性能 :高耐磨性、抗腐蚀性及抗高温氧化性能,利于提高常温及高温条件下材料的疲劳寿命。

[0011] 本发明方法的具体优点如下。

[0012] 1. 对材料进行喷丸处理,表面形成纳米晶组织,这可以在较低的温度下实现铝原子的快速扩散,降低表面渗铝的温度,缩短扩渗时间。

[0013] 2. 喷丸处理可以在较短时间内获得较均匀的纳米晶组织,这弥补了后续激光冲击处理时的不均匀性及效率低的缺点,整体上提高了表面质量及处理效率。

[0014] 3. 激光冲击渗铝后的铝化物涂层,产生高幅值残余压应力和高的位错密度,提高材料的疲劳寿命,且基本不改变其粗糙度,加深表面塑性变形层厚度。

[0015] 因此,这种处理方法既提高了处理效率,同时综合提高材料的表面纳米性能 :耐磨性、抗蚀性及抗高温氧化性能,从而改善常温及高温条件下零件的整体性能及环境服役行为。

附图说明

[0016] 图 1 为复合处理工艺流程图。

[0017] 图 2 为不同表面处理对 TC4 合金表面纳米均匀性对比图。

具体实施方式

[0018] 以 TC4 合金为例(TC4 为 $\alpha+\beta$ 相合金,它具有较好的综合力学性能和工艺性能,强度高,可热处理强化,热压力加工性好,在中等温度下耐热性也较好,可加工成棒材、型材、板材、锻件、模锻件等半成品供应,在航空工业中多用于制造压气机叶片、盘以及某些紧固件等。其化学成分(质量分数,%)为 Al $5.5\sim 6.8$, V $3.5\sim 4.5$, Fe 0.30 , Si 0.10 , C 0.10 , N 0.05 , H 0.015 , O 0.20 , Ti 其他)。

[0019] 结合如图 1 中的工艺流程,详细对方法步骤进行说明。首先对材料进行除锈,去油,磨边等处理,在超声波清洗机中进行酒精浸浴清洗,进行热处理。为了消除或减少加工过程中产生的残余应力,提高材料的韧性,将材料在 $550\sim 780^\circ\text{C}$ 下进行退火 $2\sim 3\text{h}$,在空气中冷却。清洗干燥后进行喷丸处理,喷丸工艺参数 :采用直径为 $0.5\sim 1\text{mm}$ 的铬钼合金弹丸,弹

丸质量为 35~40Kg, 喷丸速度 V_a 为 45~50m/s, 喷丸时间为 1~2h。然后进行渗铝处理, 渗铝参数: 渗铝剂由 10%~30% 的铝粉、65%~75% 的氧化铝的填充剂和 1%~5% 的氯化铵助渗剂组成, 温度 450℃~600℃, 时间 4~6h。用清洗剂洗掉表面粘附的粉末, 然后对渗铝后的表面进行打磨、抛光处理。清洗要冲击的表面, 干燥后材料表层涂上黑漆, 以水为约束层进行激光冲击, 然后清洗黑漆, 干燥; 激光冲击处理参数为: 钕玻璃激光器, 激光脉冲宽度 15~30ns, 波长是 1.06 μm , 脉冲能量为 15~25J。

[0020] 图 2 对比了不同表面处理对 TC4 合金表面纳米均匀性的影响。可以看到, 未处理工件经过喷丸处理后表面纳米颗粒均匀性比激光冲击处理的纳米颗粒均匀性好, 并且复合处理后表面纳米颗粒的深度与二次激光冲击的深度几乎相同。这说明, 经过喷丸、激光复合处理的工件其纳米颗粒较均匀, 处理深度大, 因此具有较好的表面纳米性能, 提高了材料的整体性能和环境服役行为。

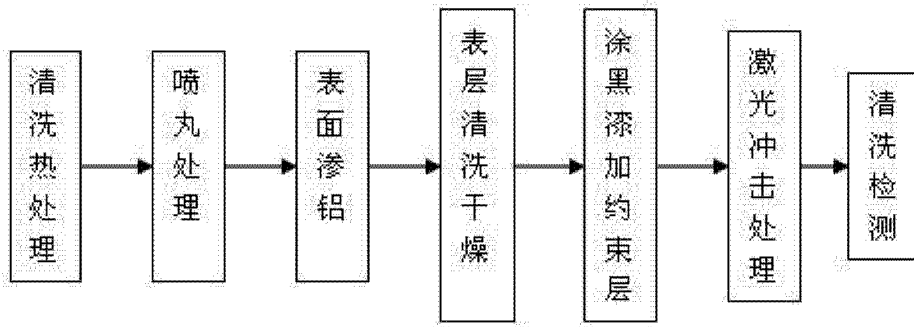


图 1

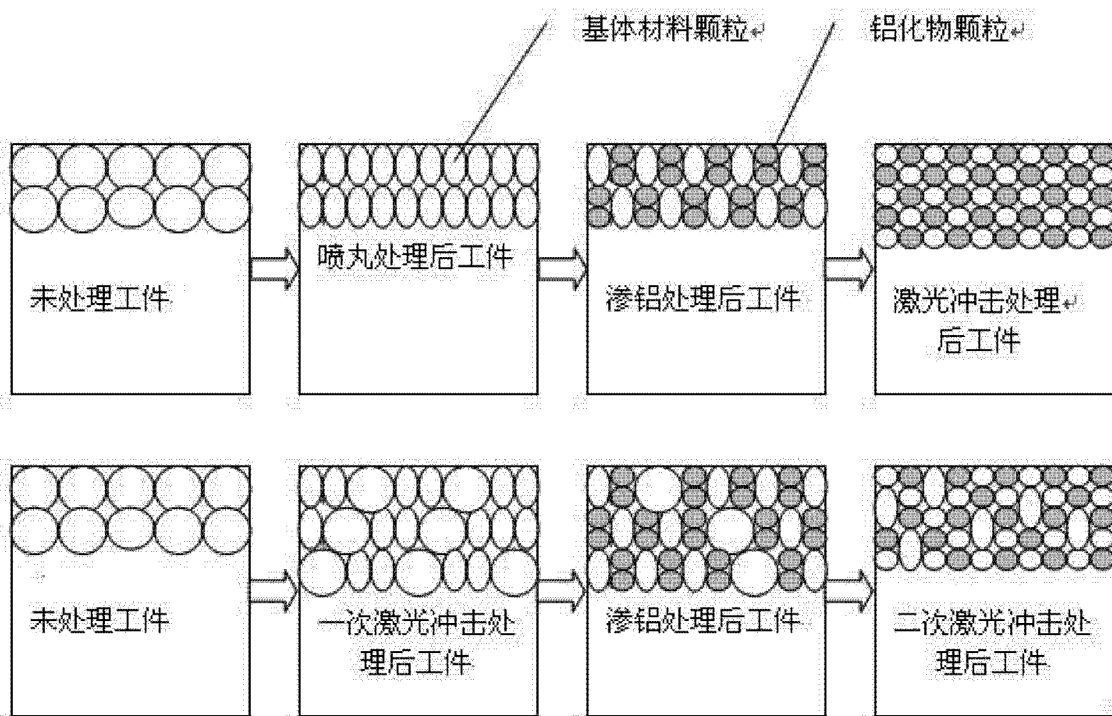


图 2