



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103290183 B

(45) 授权公告日 2015. 03. 18

(21) 申请号 201310206344. 3

(22) 申请日 2013. 05. 29

(73) 专利权人 中国科学院力学研究所  
地址 100190 北京市海淀区北四环西路 15 号

(72) 发明人 魏宇杰

(74) 专利代理机构 北京和信华成知识产权代理  
事务所 (普通合伙) 11390  
代理人 王艺

(51) Int. Cl.  
C21D 7/10(2006. 01)

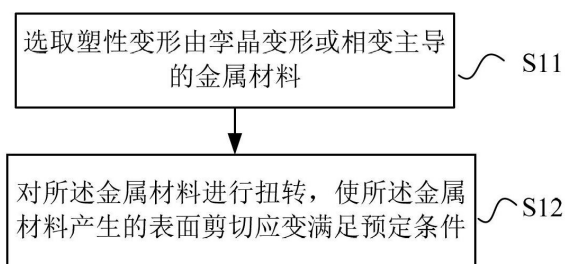
(56) 对比文件  
CN 1637162 A, 2005. 07. 13, 全文.  
邵宝庆. 低碳钢扭转硬化拉伸强度的实验  
研究. 《应用力学学报》. 1988, 第 5 卷 (第 2  
期), 123-127.

审查员 王敏

权利要求书1页 说明书3页 附图2页

(54) 发明名称  
一种提高金属材料强度的方法

(57) 摘要  
本发明提供一种提高金属材料强度的方法, 该方法包括: 选取塑性变形由孪晶变形或相变主导的金属材料; 对所述金属材料进行扭转, 使所述金属材料产生的表面应变满足预定条件。通过本发明的方法可以显著提高金属材料强度, 且不影响金属材料的拉伸韧性。



1. 一种提高金属材料强度的方法,包括:

1) 选取塑性变形由孪晶变形或相变主导的金属材料;

2) 对所述金属材料进行扭转,使所述金属材料产生的表面剪切应变满足预定条件;所述预定条件为所述表面剪切应变在  $0 \sim 0.3$  之间,其中去除端点值  $0$ ;

通过使所述金属材料产生一定量的孪晶或对应的相,孪晶或相沿径向存在一定的梯度,最外围的材料产生的变形量最大,且沿半径方向线形递减,至半径为零处由变形导致的孪晶或相的密度出现概率接近零;材料的屈服强度的增加量为  $\leq 110\%$ ,且其拉伸塑性维持不变。

2. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于:

所述预定条件为所述表面剪切应变在  $0.2 \sim 0.3$  之间。

3. 如权利要求 1-2 任一项所述的方法,其特征在于:

所述金属材料为孪晶诱导塑性变形钢或相变主导塑性变形的钢材。

4. 如权利要求 1-2 任一项所述的方法,其特征在于:

所述金属材料为冷轧 304 奥氏体不锈钢。

## 一种提高金属材料强度的方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及金属材料领域,特别是涉及一种提高金属材料强度的方法。

### 背景技术

[0002] 金属材料的强度和拉伸韧性(材料在拉伸过程中的长度增量百分比)一直以来都是研究的重点,其关键因素在于这两者之间的对立性:传统加工或工艺处理中,当增加其中的一个指标时,另外一个指标特性往往恶化。

[0003] 如通常采用的通过减小晶粒尺寸来获取高的材料强度的办法,当晶粒降低到纳米量级时(通常定义纳米多晶材料指其晶粒尺寸小于100纳米),其强度可以比传统的晶体材料高一个量级,但韧性也相应的降低近一个量级。另外通过冷轧处理的办法提高晶体强度的同时,其韧性也随之降低。而通常的回火处理,则在增加韧性的同时牺牲材料强度。

[0004] 最新金属材料研究的一个趋势是在粗晶材料中引入纳米层次的孪晶结构,利用孪晶的高度有序性,在增加金属材料强度的同时,也让它保持较好的韧性,这样制备得到的材料通常为薄膜材料,无法处理工程结构应用量级的材料。还有另外一个方向是在传统材料中引入纳米梯度层:从材料的表面起到内部其晶粒尺寸逐渐增加,这种办法的得到的材料通常只能产生100微米左右的梯度层。这一方法对材料宏观性能的改变有限,只能少量的提高材料的强度。

### 发明内容

[0005] 本发明要解决的技术问题是提供一种提高金属材料强度的方法,以显著提高金属材料强度,且不影响金属材料的拉伸韧性。

[0006] 为了解决上述技术问题,本发明提供了一种提高金属材料强度的方法,包括:

[0007] 1) 选取塑性变形由孪晶变形或相变主导的金属材料;

[0008] 2) 对所述金属材料进行扭转,使所述金属材料产生的表面应变满足预定条件;所述预定条件为所述表面剪切应变在 $0 \sim 0.3$ 之间;

[0009] 通过使所述金属材料产生一定量的孪晶或对应的相,孪晶或相沿径向存在一定的梯度,最外围的材料产生的变形量最大,且沿半径方向线形递减,至半径为零处由变形导致的孪晶或相的密度出现概率接近零;材料的屈服强度从0增加到110%,且其拉伸塑性维持不变。

[0010] 进一步地,上述方法还具有下面特点:

[0011] 所述预定条件为表面剪切应变在 $0.2 \sim 0.3$ 之间。

[0012] 进一步地,上述方法还具有下面特点:

[0013] 所述金属材料为孪晶诱导塑性变形钢或相变主导塑性变形钢

[0014] 进一步地,上述方法还具有下面特点:

[0015] 所述金属材料为冷轧304奥氏体不锈钢。

[0016] 本发明提供一种提高金属材料强度的方法,针对规模化的工程结构应用量级的材

料金属材料,如世界上最广泛使用的 304 奥氏体不锈钢,通过一定的力学变形来调整材料内部的微结构,使材料同时具备孪晶(相)结构和孪晶(相)梯度,这样处理后的材料强度得到显著提高(增加一倍),且其拉伸韧性维持不变甚至会有所增加。

### 附图说明

[0017] 图 1 为本发明实施例的提高金属材料强度的方法的流程图;

[0018] 图 2 为对典型金属材料试样施加载荷的过程示意图;

[0019] 图 3 为对冷轧 304 不锈钢施加扭转变形后由于变形梯度引起的马氏体相沿径向的梯度分布图;

[0020] 图 4 为对冷轧 304 奥氏体不锈钢施加扭转变形后,其拉伸应力应变曲线与不经过处理的冷轧 304 奥氏体不锈钢的应力应变的对比图。

### 具体实施方式

[0021] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚明白,下文中将结合附图对本发明的实施例进行详细说明。需要说明的是,在不冲突的情况下,本申请中的实施例及实施例中的特征可以相互任意组合。

[0022] 图 1 为本发明实施例的提高金属材料强度的方法的流程图,如图 1 所示,本实施例的方法包括以下步骤:

[0023] S11、选取塑性变形由孪晶变形或相变主导的金属材料;

[0024] S12、对所述金属材料进行扭转,使所述金属材料产生的表面剪切应变满足预定条件。

[0025] 本实施例的选材上:适用于塑性变形由孪晶变形或相变主导的金属材料。通过对该类棒材施加扭转变形,使得材料(1)产生一定量的孪晶或对应的其他相(如钢材中常见的奥氏体相向马氏体相的转变);(2)孪晶或其他相沿径向存在一定的梯度,这是由于扭转变形过程中,最外围的材料产生的变形量最大,且沿半径方向线形递减,至半径为零处由变形导致的孪晶或其他相的密度出现概率也接近零;(3)由于扭转载荷和拉伸方向完全不同,扭转阶段产生的孪晶或其他相在晶向上和拉伸过程中出现的孪晶或其他相不同。这将使得在后续的拉伸过程中,变形将不再沿与扭转阶段产生的孪晶或其他相向相同的晶向上发生,而是形成交叉。

[0026] 步骤 S12 中的预定条件为所述表面剪切应变在  $0 \sim 0.3$  之间,即扭转金属材料时使金属材料产生的表面剪切应变在  $0 \sim 0.3$  的范围内,随着扭转实现的表面剪切应变增加,材料的屈服强度从 0 增加到 110%,且其拉伸塑性维持不变。

[0027] 步骤 S12 中的预定条件优选为表面剪切应变在  $0.2 \sim 0.3$  之间,材料的屈服强度增加到  $70 \sim 110\%$ ,且其拉伸塑性维持不变。

[0028] 图 2 为对典型金属材料试样施加载荷的过程示意图,图 2 描述了对典型金属材料试样施加载荷的过程以及扭转后宏观扭转状态。本实施例的方法并不限于试样大小,可应用于任意大小试样。

[0029] 本实施例的方法针对例如孪晶诱导塑性变形钢和冷轧 304 奥氏体不锈钢进行相同的处理后都得到了理想的效果:它们各自的材料强度都得到显著提高(增加一倍),且其

拉伸韧性维持不变甚至会有所增加。

[0030] 以冷轧 304 奥氏体不锈钢为应用实例作说明,对冷轧 304 奥氏体不锈钢施加扭转变形后,马氏体相沿径向存在一定的梯度。最外围马氏体相最高 ( $r = R$ ),材料的中心 ( $r = 0$ ) 基本没有马氏体相,而半径为棒材的  $r = R/2$  位置,马氏体相的密度在前两者之间。

[0031] 伴随这一马氏体相梯度的是力学上将形成一个半径方向变化的强度梯度,如图 3 中所示,对冷轧 304 奥氏体不锈钢施加扭转变形后,由于变形梯度引起的马氏体相沿径向的梯度分布,形成力学上沿径向的显著硬度(强度)梯度。

[0032] 图 4 为对冷轧 304 奥氏体不锈钢施加 270 度扭转变形后(棒材最外围的表面剪切应变约为 30%),其拉伸应力应变曲线与不经过处理的冷轧 304 奥氏体不锈钢的应力应变的对比。

[0033] 由于硬度(强度)梯度的产生,再加上扭转阶段产生的孪晶马氏体相在晶向上和拉伸过程中出现的相不同。使得后续的拉伸过程中,变形将不再沿与扭转阶段产生的马氏体相相向的晶向上发生,因此能有效提高材料的强度。图 4 给出了未经处理的冷轧 304 奥氏体不锈钢与施加 270 度扭转后的冷轧 304 奥氏体不锈钢的拉伸应力应变曲线,可以清晰看到施加 270 度扭转后的 304 奥氏体不锈钢的屈服强度增加到 660 兆帕,是未经处理的冷轧 304 奥氏体不锈钢(310 兆帕)的一倍以上。同时两者之间的拉伸韧性基本没有变化。同样的过程也适用于铁、锰、碳系列孪晶钢。

[0034] 以上仅为本发明的优选实施例,当然,本发明还可有其他多种实施例,在不背离本发明精神及其实质的情况下,熟悉本领域的技术人员当可根据本发明作出各种相应的改变和变形,但这些相应的改变和变形都应属于本发明所附的权利要求的保护范围。

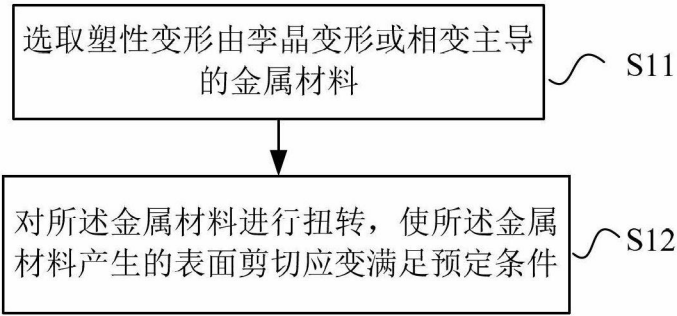


图 1

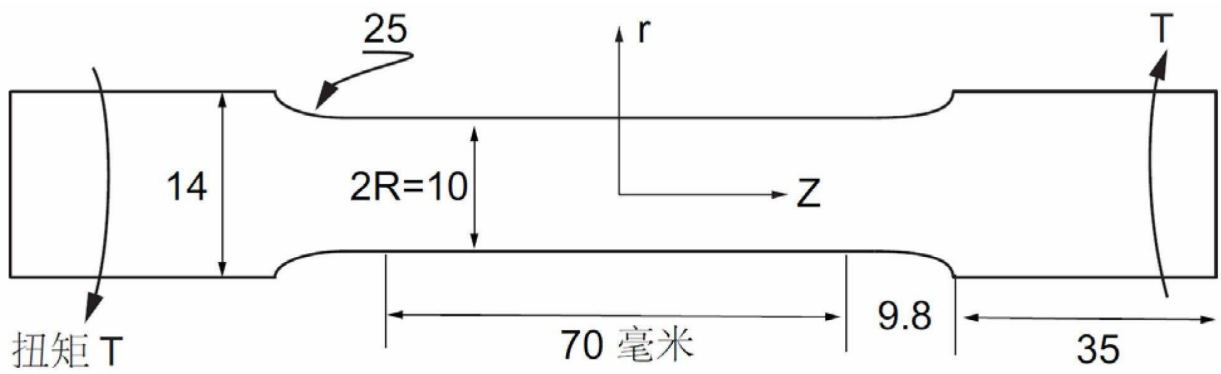


图 2

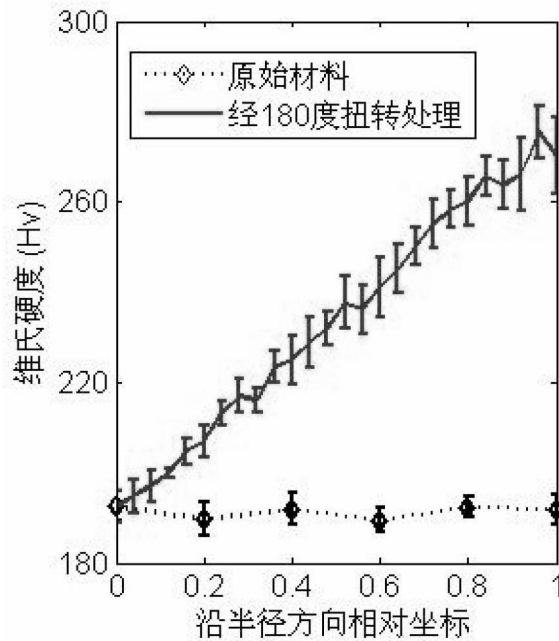


图 3

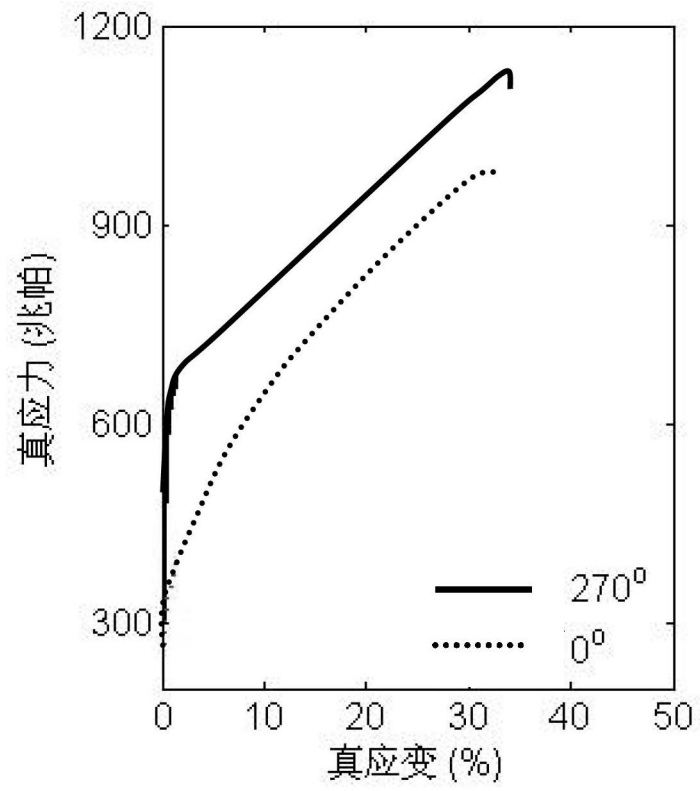


图 4