



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106191404 B

(45)授权公告日 2018.03.02

(21)申请号 201610628920.7

审查员 章端婷

(22)申请日 2016.08.03

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 106191404 A

(43)申请公布日 2016.12.07

(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 武晓雷 杨沐鑫 袁福平 姜萍

(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 胡剑辉

(51)Int.Cl.

C21D 8/00(2006.01)

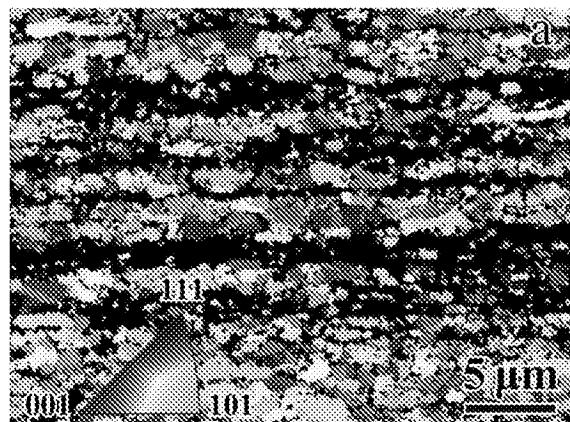
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54)发明名称

一种高强度高塑性TWIP钢的制备方法

(57)摘要

本发明涉及超细晶金属材料,特别提供了一种高强度高塑性TWIP钢的制备方法。再结晶层片内部由近等轴状的完全再结晶晶粒和宽大的退火孪晶构成。本发明还公开了制备方法。本发明高强度高塑性TWIP钢的性能优异,制备方法简单。



1. 一种高强度高塑性TWIP钢的制备方法,其特征在于:步骤为:1) 真空感应电炉熔炼及浇铸制成TWIP钢钢锭,在950-1050℃温度下锻造成型获得钢坯;2) 1230-1300℃热轧保温1.5-2h,开轧温度1150-1250℃,中轧温度850-950℃,终轧厚度为 20 ± 2 mm;(3) 高温退火进行均匀化处理:950-1100℃保温2h;(4) 在400-600℃温度下进行温轧,轧制厚度为 10 ± 1 mm;异步轧制 $10-1$ mm,异速比1.5;最终同步轧机冷轧至 $1-0.5$ mm;(5) 对轧制后TWIP钢进行高温短时退火处理:样品封装于高真空石英试管中,热处理炉内于550℃-625℃保温1-8min,然后快速水淬至室温。

2. 如权利1所述的高强度高塑性TWIP钢的制备方法,其特征在于:步骤为:(1) 真空感应电炉熔炼及浇铸制成TWIP钢钢锭,在950℃-1050℃温度下锻造成型获得钢坯;(2) 热轧:1250℃保温2h,开轧温度为1200℃,中轧温度为900℃,终轧厚度为20mm;(3) 高温退火进行均匀化处理:1000℃保温2h;(4) 温轧:将样品切割成小块,在400℃温度下进行温轧,轧制厚度为10mm;异步轧制:轧制厚度为1mm,异速比1.5;最终同步轧机冷轧厚度为0.5mm;(5) 对轧制后TWIP钢进行高温短时退火处理:样品封装于高真空石英试管中,在热处理炉中600℃保温2min,然后快速水淬至室温。

3. 如权利1所述的高强度高塑性TWIP钢的制备方法,其特征在于:步骤为:(1) 真空感应电炉熔炼及浇铸制成TWIP钢钢锭,在950℃-1050℃温度下锻造成型获得钢坯;(2) 热轧:1250℃保温2h,开轧温度为1200℃,中轧温度为900℃,终轧厚度为20mm;(3) 高温退火进行均匀化处理:1000℃保温2h;(4) 温轧:将样品切割成小块,在500℃温度下进行温轧,轧制厚度为10mm;异步轧制:轧制厚度为1mm,异速比1.5;最终同步轧机冷轧厚度为0.5mm;(5) 对轧制后TWIP钢进行高温短时退火处理:样品封装于高真空石英试管中,在热处理炉中610℃保温2min,然后快速水淬至室温。

4. 如权利1所述的高强度高塑性TWIP钢的制备方法,其特征在于:步骤为:(1) 真空感应电炉熔炼及浇铸制成TWIP钢钢锭,在950℃-1050℃温度下锻造成型获得钢坯;(2) 热轧:1300℃保温2h,开轧温度为1250℃,中轧温度为950℃,终轧厚度为20mm;(3) 高温退火进行均匀化处理:1100℃保温2h;(4) 温轧:将样品切割成小块,在600℃温度下进行温轧,轧制厚度为10mm;异步轧制:轧制厚度为1mm,异速比1.5;最终同步轧机冷轧厚度为0.5mm;(5) 对轧制后TWIP钢进行高温短时退火处理:样品封装于高真空石英试管中,在热处理炉中625℃保温2min,然后快速水淬至室温。

5. 如权利1所述的高强度高塑性TWIP钢的制备方法,其特征在于:所述的高强度高塑性TWIP钢为:微观结构为再结晶层片与超细晶层片交替分布的复合微观结构,再结晶层片内部由近等轴状的完全再结晶晶粒和宽大的退火孪晶构成。

6. 如权利1要求所述的高强度高塑性TWIP钢的制备方法,其特征在于:所述的高强度高塑性TWIP钢为:室温拉伸速度为 5×10^{-4} /s,屈服强度可达0.9GPa-1.4GPa,均匀拉伸伸长率可达7%-30%,拉伸曲线表现为非连续屈服现象。

7. 如权利1要求所述的高强度高塑性TWIP钢的制备方法,其特征在于:所述的高强度高塑性TWIP钢为:再结晶晶粒尺寸为 $1.1-1.6\mu\text{m}$,最大再结晶晶粒等效直径 $\leqslant 5\mu\text{m}$;超细晶晶粒尺寸范围为80-800nm。

一种高强度高塑性TWIP钢的制备方法

技术领域

[0001] 本发明涉及超细晶金属材料,特别提供了一种高强度高塑性TWIP钢的制备方法。

背景技术

[0002] 块体纳米金属因其具有的超高强度受到国内外广大研究者的重视,但是多数纳米金属通常存在室温均匀拉伸伸长率不足5%的结构应用瓶颈,如何提高纳米金属的塑性已成为国际材料领域中的重大科学问题。研究证实,纳米金属低塑性问题的实质是应变硬化率过快降低,而导致颈缩过早失稳。近来,利用微结构界面(如晶界、孪晶界等)密度在空间上的非均匀构筑,为增强纳米金属应变硬化能力,抑制应变局部化,提高塑性提供了新思路。随着研究的深入,非均匀纳米结构金属展现出的诸多优异力学性能和独特变形行为,以及强韧化规律,日益引起学术界和工程界的广泛关注,尤其是非均匀纳米结构应变硬化机理,正逐渐成为新的研究热点,因而具有重要的理论和实际意义。

[0003] 对于传统TWIP钢(孪生诱发塑性钢)而言,当晶粒细化至亚微米尺度后,其后续室温拉伸过程往往不再或难于产生变形孪晶,即在超细晶尺度下TWIP效应失效,这在极大程度上损害了TWIP钢本应具有的均匀塑性。在超细晶尺度下,若是能够一重启”这类奥氏体钢在粗晶状态下原本具有的TWIP效应,那么,无疑将为TWIP钢的进一步强韧化提供一条新的途径。TWIP钢中形变孪晶的产生,既为晶内位错储存提供更多空间,促进传统林位错硬化,又使得变形奥氏体组织的非均匀性增加,提高背应力硬化。形变孪晶或所谓TWIP效应是TWIP钢中高应变硬化率的强大来源。一方面,变形过程中陆续引入的高密度孪晶界面对位错滑移不断形成新的障碍;另一方面,孪晶界面的连续生成也促使背应力持续增加。

[0004] 现有技术的TWIP钢的性能不理想,制备方法比较复杂。

发明内容

[0005] 本发明的目的是提供一种高强度高塑性TWIP钢(孪生诱发塑性)的制备方法,通过对TWIP钢进行异步轧制加冷轧,继而选择后续的温度退火处理,以此获得高强度高塑性的力学性能。

[0006] 本发明的技术方案如下:

[0007] 一种高强度高塑性TWIP钢,微观结构为再结晶层片与超细晶层片交替分布的复合微观结构,再结晶层片内部由近等轴状的完全再结晶晶粒和宽大的退火孪晶构成。

[0008] 所述的高强度高塑性TWIP钢,室温拉伸速度为 $5 \times 10^{-4}/\text{s}$,屈服强度可达0.9GPa-1.4GPa,均匀拉伸伸长率可达7%-30%,拉伸曲线表现为非连续屈服现象。

[0009] 所述的高强度高塑性TWIP钢,其特征在于:再结晶晶粒尺寸为1.1-1.6μm,最大再结晶晶粒等效直径≤5μm;超细晶晶粒尺寸范围为80-800nm。

[0010] 一种高强度高塑性TWIP钢的制备方法,其特征在于:步骤为:1) 真空感应电炉熔炼及浇铸制成TWIP钢钢锭,在950-1050℃温度下锻造成型获得钢坯;成分如下表所示:

[0011]

元素	C	Mn	Si	Al	P	S	Nb	Ti	Fe
重量百分比	0.082	30	2.72	3.05	0.006	0.004	0.04	0.022	剩余

[0012] 2) 1230—1300℃热轧保温1.5—2h,开轧温度1150—1250℃,中轧温度850—950℃,终轧厚度为20±2mm; (3) 高温退火进行均匀化处理:950—1100℃保温2h; (4) 在400~600℃温度下进行温轧,轧制厚度为10±1mm; 异步轧制10~1mm,异速比1.5; 最终同步轧机冷轧1~0.5mm; (5) 对轧制后TWIP进行高温短时退火处理:样品封装于高真空石英试管中,在热处理炉中在550℃—625℃保温1—8min,然后快速水淬至室温。

[0013] 优选的,所述的高强度高塑性TWIP钢的制备方法,步骤为:(1) 真空感应电炉熔炼及浇铸制成TWIP钢钢锭,在950℃—1050℃温度下锻造成型获得钢坯;(2) 热轧:1250℃保温2h,开轧温度为1200℃,中轧温度为900℃,终轧厚度为20mm; (3) 高温退火进行均匀化处理:1000℃保温2h; (4) 温轧:将样品切割成小块,在400℃温度下进行温轧,轧制厚度为10mm; 异步轧制:轧制厚度为1mm,异速比1.5; 最终同步轧机冷轧厚度为0.5mm; (5) 对轧制后TWIP钢进行高温短时退火处理:样品封装于高真空石英试管中,在热处理炉中600℃保温2min,然后快速水淬至室温。

[0014] 优选的,所述的高强度高塑性TWIP钢的制备方法,步骤为:(1) 真空感应电炉熔炼及浇铸制成TWIP钢钢锭,在950℃—1050℃温度下锻造成型获得钢坯; (2) 热轧:1250℃保温2h,开轧温度为1200℃,中轧温度为900℃,终轧厚度为20mm; (3) 高温退火进行均匀化处理:1000℃保温2h; (4) 温轧:将样品切割成小块,在500℃温度下进行温轧,轧制厚度为10mm; 异步轧制:轧制厚度为1mm,异速比1.5; 最终同步轧机冷轧厚度为0.5mm; (5) 对轧制后TWIP钢进行高温短时退火处理:样品封装于高真空石英试管中,在热处理炉中610℃保温2min,然后快速水淬至室温。

[0015] 优选的,所述的高强度高塑性TWIP钢的制备方法,步骤为:(1) 真空感应电炉熔炼及浇铸制成TWIP钢钢锭,在950℃—1050℃温度下锻造成型获得钢坯; (2) 热轧:1300℃保温2h,开轧温度为1250℃,中轧温度为950℃,终轧厚度为20mm; (3) 高温退火进行均匀化处理:1100℃保温2h; (4) 温轧:将样品切割成小块,在600℃温度下进行温轧,轧制厚度为10mm; 异步轧制:轧制厚度为1mm,异速比1.5; 最终同步轧机冷轧厚度为0.5mm; (5) 对轧制后TWIP钢进行高温短时退火处理:样品封装于高真空石英试管中,在热处理炉中625℃保温2min,然后快速水淬至室温。

[0016] 本发明具有如下优点:

[0017] 1. 性能优异:制备的高强高塑TWIP钢,明显超出传统高锰TWIP钢性能,具有≥5%均匀伸长率前提下所能达到的最大屈服强度,其值约为原始粗晶样品强度的4倍,即在高强度端获得了优异的强塑性匹配。

[0018] 2. 制备方法简单:采用工业上常用的异步轧制和同步轧制(常规冷轧)方法,易于控制轧制的异速比和轧制每道次的压下量等工艺参数;同时,采用高温短时热处理退火工艺,控制退火的温度和时间,也易于实现。本发明工艺简单,可降低成本。

附图说明

- [0019] 图1:本发明实施例3得到的高强高塑TWIP钢的EBSD照片;
- [0020] 图2:本发明实施例3得到的高强高塑TWIP钢的晶粒统计分布图;
- [0021] 图3:本发明实施例3得到的高强高塑TWIP钢的TEM明场像照片;
- [0022] 图4:本发明制备得到的高强高塑TWIP钢的准静态拉伸曲线。

[0023] (其中CG表示粗晶,即高温退火均匀后处理后状态,HL600表示冷轧后600℃保温退火状态;UFG表示超细晶,即冷轧后未退火状态)

[0024] 具体实施方法

[0025] 下面通过实施例详述本发明,以下实施例仅用于说明本发明,但不用来限制本发明的发明范围。该技术领域的技术工程师可根据上述发明的内容作出一些非本质性的改进和调整。

[0026] 实施例1

[0027] 1. 熔炼及轧制制备TWIP钢

[0028] (1) 真空感应电炉熔炼及浇铸制成TWIP钢钢锭,在950℃-1050℃温度下锻造成型获得钢坯;成分如下表所示:

[0029]

元素	C	Mn	Si	Al	P	S	Nb	Ti	Fe
重量百分比	0.082	30	2.72	3.05	0.006	0.004	0.04	0.022	剩余

[0030] (2) 热轧:1250℃保温2h,开轧温度为1200℃,中轧温度为900℃,终轧厚度为20mm;(3) 高温退火进行均匀化处理:1000℃保温2h;(4) 温轧:将样品切割成小块,在400℃温度下进行温轧,轧制厚度为10mm;异步轧制:轧制厚度为1mm,异速比1.5;最终同步轧机冷轧厚度为0.5mm。

[0031] 步骤(3)后,显微组织由尺寸均匀但较为粗大的奥氏体晶粒构成,绝大多数奥氏体晶粒内含有退火孪晶,平均晶粒尺寸为80μm。

[0032] 步骤(4)后,微观组织为亚微米尺度层片结构;层片界面较为平直、锋锐且明晰,具有较高位错密度,平均层片间距约280nm,最大层片间距约800nm,最短层片长度约1μm。

[0033] 2. 对轧制后TWIP钢进行高温短时退火处理:样品封装于高真空石英试管中,在热处理炉中600℃保温2min,然后快速水淬至室温。

[0034] 高温短时退火后,发生了明显的部分再结晶。再结晶晶粒尺寸分布于1.1-1.6μm范围内,最大再结晶晶粒等效直径≤5μm,超细晶晶粒尺寸范围为80-800nm,平均晶粒尺寸约345nm。

[0035] 统计计算表明,超细晶和再结晶层片的体积分数为18%和82%,再结晶晶粒承担了22%的应变,整体样品的屈服强度为1.4GPa,均匀伸长率为7%,再结晶晶粒的变形量远大于样品整体应变,使TWIP钢具备高强度的同时,也有>5%的均匀拉伸伸长率。

[0036] 实施例2

[0037] 1. 熔炼及轧制制备TWIP钢

[0038] (1) 真空感应电炉熔炼及浇铸制成TWIP钢钢锭,在950℃-1050℃温度下锻造成型获得钢坯;(2) 热轧:1250℃保温2h,开轧温度为1200℃,中轧温度为900℃,终轧厚度为20mm;(3) 高温退火进行均匀化处理:1000℃保温2h;(4) 温轧:将样品切割成小块,在500℃

温度下进行温轧,轧制厚度为10mm;异步轧制:轧制厚度为1mm,异速比1.5;最终同步轧机冷轧厚度为0.5mm。

[0039] 步骤(3)后,显微组织由尺寸均匀但较为粗大的奥氏体晶粒构成,绝大多数奥氏体晶粒内含有退火孪晶,平均晶粒尺寸为80μm。

[0040] 步骤(4)后,微观组织为亚微米尺度层片结构;层片界面较为平直、锋锐且明晰,具有较高位错密度,平均层片间距约280nm,最大层片间距约800nm,最短层片长度约1μm。

[0041] 2.对轧制后TWIP钢进行高温短时退火处理:样品封装于高真空石英试管中,在热处理炉中610℃保温2min,然后快速水淬至室温。

[0042] 统计计算表明,超细晶和再结晶层片的体积分数为40%和60%,再结晶晶粒承担了34%的应变,整体样品的屈服强度为920MPa,均匀伸长率为21%。

[0043] 实施例3

[0044] 1.熔炼及轧制制备TWIP钢

[0045] (1)真空感应电炉熔炼及浇铸制成TWIP钢钢锭,在950℃-1050℃温度下锻造成型获得钢坯;(2)热轧:1300℃保温2h,开轧温度为1250℃,中轧温度为950℃,终轧厚度为20mm;(3)高温退火进行均匀化处理:1100℃保温2h;(4)温轧:将样品切割成小块,在600℃温度下进行温轧,轧制厚度为10mm;异步轧制:轧制厚度为1mm,异速比1.5;最终同步轧机冷轧厚度为0.5mm。

[0046] 步骤(3)后,显微组织由尺寸均匀但较为粗大的奥氏体晶粒构成,绝大多数奥氏体晶粒内含有退火孪晶,平均晶粒尺寸为80μm。

[0047] 步骤(4)后,微观组织为亚微米尺度层片结构;层片界面较为平直、锋锐且明晰,具有较高位错密度,平均层片间距约280nm,最大层片间距约800nm,最短层片长度约1μm。

[0048] 2.对轧制后TWIP钢进行高温短时退火处理:样品封装于高真空石英试管中,在热处理炉中625℃保温2min,然后快速水淬至室温。

[0049] 统计计算表明,超细晶和再结晶层片的体积分数为55%和45%,再结晶晶粒承担了46%的应变,整体样品的屈服强度为900MPa,均匀伸长率为30%。

[0050] 随着退火温度的升高再结晶引入程度增大,造成组织的不均匀性越明显。这种组织的不均匀性在材料变形过程中产生了巨大作用。本发明中,625℃下短时2min退火得到的TWIP钢强度与塑性匹配最优。

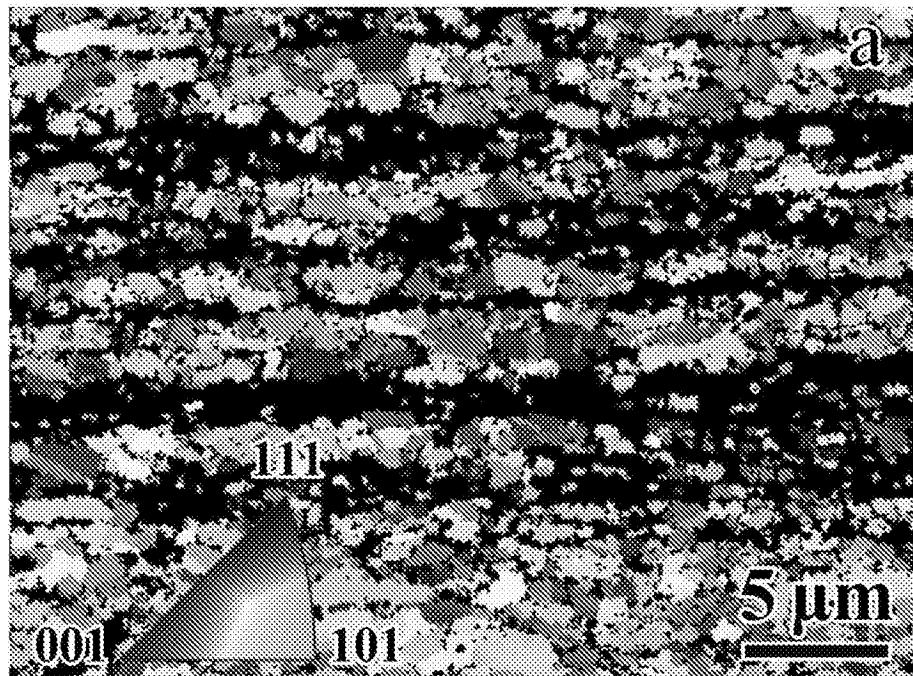


图1

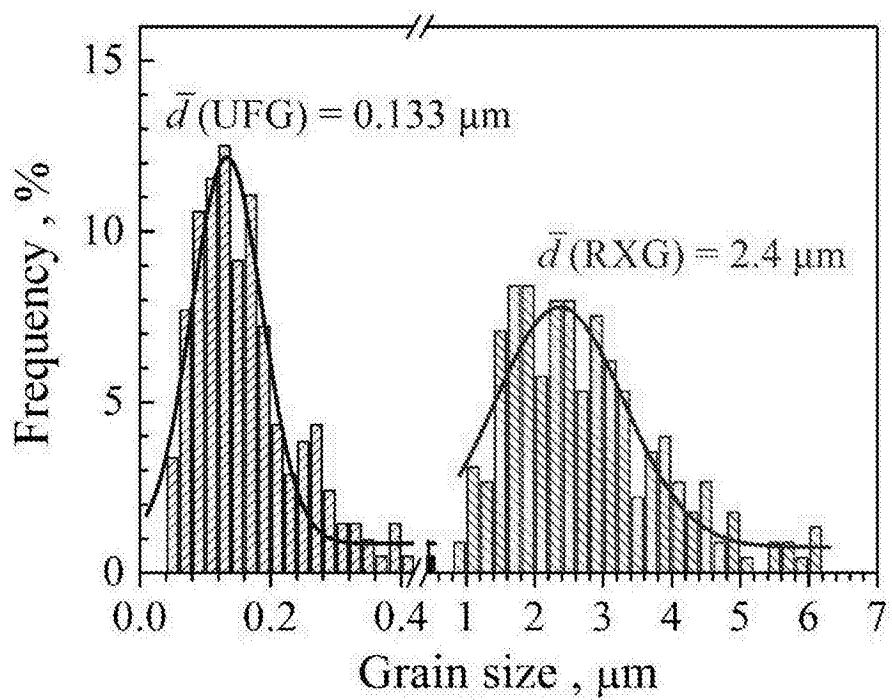


图2

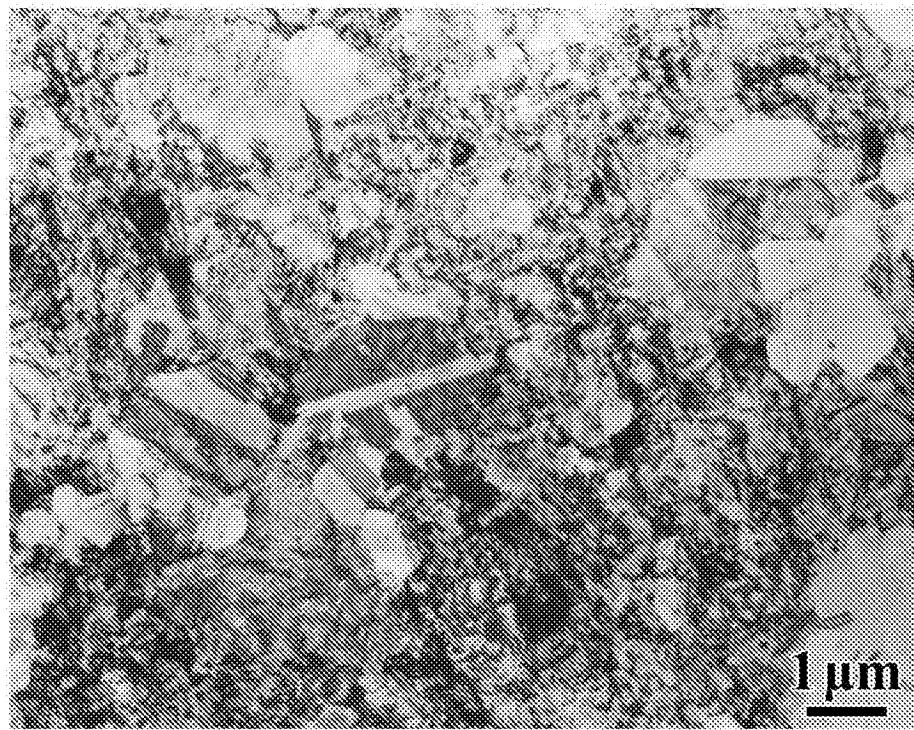


图3

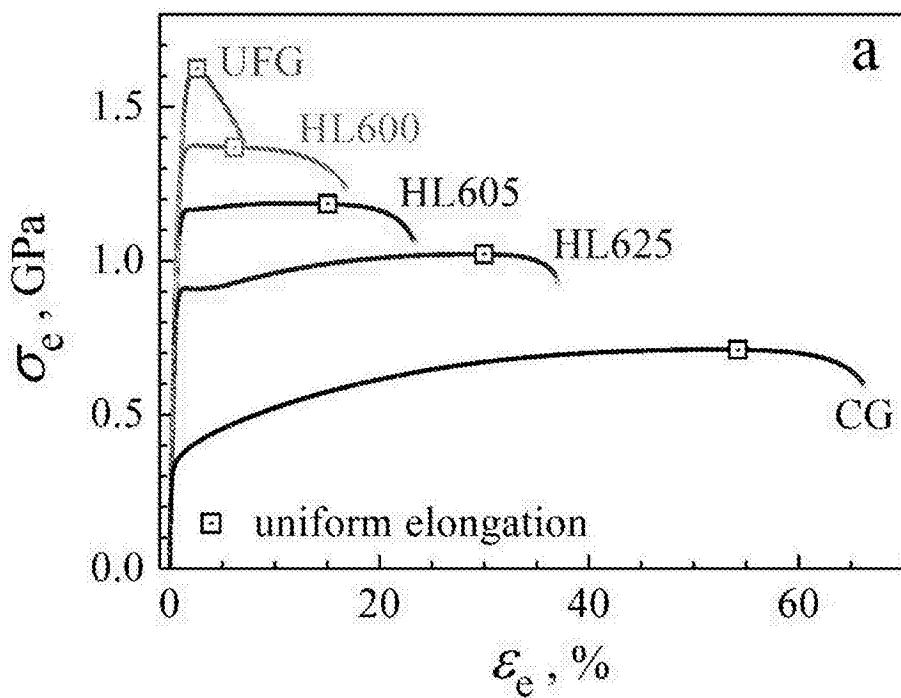


图4