



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102212733 A

(43) 申请公布日 2011.10.12

(21) 申请号 201010142879.5

(22) 申请日 2010.04.09

(71) 申请人 中国科学院金属研究所

地址 110016 辽宁省沈阳市沈河区文化路  
72 号

(72) 发明人 祝金明 付华萌 张海峰 王爱民  
李宏 胡壮麒

(74) 专利代理机构 沈阳科苑专利商标代理有限  
公司 21002

代理人 张志伟

(51) Int. Cl.

C22C 30/00 (2006.01)

权利要求书 1 页 说明书 3 页 附图 4 页

(54) 发明名称

一种高性能的纳米胞状晶组织结构的多主元合金

(57) 摘要

本发明涉及新型多组元金属材料,特别提供了一种高性能的纳米胞状晶组织结构的多主元合金。该合金由 Al-Co-Cr-Fe-Ni-Si 六种元素组成,按摩尔比含量计,该合金成分为:0.5~1.3Al, 0.75~1.3Co, 0.5~1.4Cr, 0.9~1.2Fe, 0.8~1.2Ni, 0~1.2Si。该合金采用铜模浇铸的方法来制备。该合金体系的组织结构主要为纳米级的胞状晶,具有优异的力学性能,高的强度同时具有一定的塑性应变。本发明中, Si 元素的存在促进合金中纳米级胞状晶的形成,进而改善合金的力学性能,该多主元合金具有很大的潜在应用前景。

1. 一种高性能的纳米胞状晶组织结构的多主元合金,其特征在于,按摩尔比计,该合金成分为:0.5~1.3Al,0.75~1.3Co,0.5~1.4Cr,0.9~1.2Fe,0.8~1.2Ni,0~1.2Si。

2. 按照权利要求1所述的高性能的纳米胞状晶组织结构的多主元合金,其特征在于,该合金的组织中,纳米胞状晶的宽度45~75nm,长度90~230nm。

3. 按照权利要求1所述的高性能的纳米胞状晶组织结构的多主元合金,其特征在于,该合金的压缩屈服强度1110-2396MPa,压缩断裂强度2273-3012MPa,总应变量1.2-20%。

4. 按照权利要求1所述的高性能的纳米胞状晶组织结构的多主元合金,其特征在于,按摩尔比计,该合金具有综合优异性能时的成分为:1Al,1Co,1Cr,1Fe,1Ni,0.4Si。

5. 按照权利要求4所述的高性能的纳米胞状晶组织结构的多主元合金,其特征在于,该合金压缩屈服强度:1524MPa,压缩断裂强度:2826MPa,总应变量:12.35%。

## 一种高性能的纳米胞状晶组织结构的多主元合金

### 技术领域

[0001] 本发明涉及新型多组元金属材料,特别提供了一种高性能的纳米胞状晶组织结构的多主元合金。

### 背景技术

[0002] 与传统的金属及其合金相比,多主元合金具有更高的硬度、优异的耐磨和耐腐蚀性能。由于组成多主元合金的主要组元多元化,使得合金的成分具有更多的调节空间,进而导致不同性能以满足不同环境对材料的要求。因而,多主元合金的进一步探索必将极大的丰富材料科学领域的研究,并拓宽该类材料的应用领域。

[0003] 目前,对于多主元合金的研究,主要包括合金化元素或者热处理等工艺对于合金组织结构、相组成、机械性能、摩擦磨损和腐蚀性能的影响;多主元合金在应用领域的探索;多主元合金的形成机理等。已见诸报道的多主元合金的组成元素主要围绕着传统材料中的元素,如 Al、Ti、V、Cr、Fe、Co、Ni、Cu 和 Zr 等主族和过渡族元素。

### 发明内容

[0004] 本发明的目的在于提供一种高性能的纳米胞状晶组织结构的多主元合金。该合金由于纳米级胞状晶的组织结构,使多主元合金具有高的压缩强度和较大的塑性应变。

[0005] 本发明的技术方案是:

[0006] 一种高性能的纳米胞状晶组织结构的多主元合金,该合金含(摩尔比):0.5~1.3Al,0.75~1.3Co,0.5~1.4Cr,0.9~1.2Fe,0.8~1.2Ni,0~1.2Si。

[0007] 所述的多主元合金,合金组织结构主要为纳米尺寸的胞状晶,通过固溶和析出相强化途径使得多主元合金具有较高的强度,同时具有一定的塑性。

[0008] 所述的多主元合金,该合金组织中纳米胞状晶的宽度约 45~75nm,长度约 90~230nm。

[0009] 所述的多主元合金,该合金的压缩屈服强度 1110-2396MPa,压缩断裂强度 2273-3012MPa,总应变量 1.2-20%。

[0010] 所述的多主元合金,该合金具有综合优异性能时的成分为(摩尔比):1 Al,1Co,1Cr,1Fe,1Ni,0.4Si。该合金压缩屈服强度:1524MPa,压缩断裂强度:2826MPa,总应变量:12.35%。

[0011] 本发明具有的优点:

[0012] 1、本发明 Al-Co-Cr-Fe-Ni-Si 多主元合金具有纳米尺度的微观组织结构,Si 元素的存在促进合金中纳米级胞状晶的形成,进而改善合金的力学性能,表现出优异的综合力学性能,具有较高的强度和较大的塑性应变,展现出良好的应用前景。

[0013] 2、本发明纳米胞状晶组织结构的多主元合金通过常规的铜模浇铸即可被成功获得,无需后续处理,因而制备工艺简单。

## 附图说明

[0014] 图 1 为 AlCoCrFeNiSi<sub>x</sub> (x = 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 和 1.0) 合金的 XRD 曲线。

[0015] 图 2 为 AlCoCrFeNiSi<sub>x</sub> 合金 : (a) 0、(b) 0.2、(c) 0.4、(d) 0.6、(e) 0.8 和 (f) 1.0 的背散射照片。

[0016] 图 3 为 AlCoCrFeNiSi<sub>x</sub> 合金的 TEM 照片和选区衍射花样 : (a) 0、(b) 0.2、(c) 0.6、(d) 0.6 (晶界形貌, 内嵌图片为  $\delta$  相的选区衍射)、(e) 0.8 和 (f) 0.8 (图 2e 中 C 处的形貌, 内嵌图片为  $\delta$  相的选区衍射)。

[0017] 图 4 为 AlCoCrFeNiSi<sub>x</sub> (x = 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 和 1.0) 合金的压缩应力 - 应变曲线。

## 具体实施方式

[0018] 以下通过实施例详述本发明。

[0019] 实施例 1

[0020] 选择的多主元合金为 AlCoCrFeNiSi<sub>0.2</sub> (角标为摩尔比)。

[0021] 本发明 AlCoCrFeNiSi<sub>0.2</sub> 母合金的冶炼方法为常规技术, 本实施例母合金冶炼具体工艺参数与过程如下:

[0022] 本实施例所用的原材料分别为 Al、Co、Cr、Fe、Ni、Si 高纯金属 (纯度不低于 99wt. %); 母合金锭采用电弧熔炼, 首先将工作腔抽真空至  $10^{-3} \sim 10^{-4}$  Pa, 然后再通入高纯氩气 (纯度为 99.99wt. %) 进行熔炼; 熔炼合金之前, 首先将电弧炉中的纯 Ti 金属锭熔化, 通过氧化反应形成氧化钛以进一步降低工作腔内氧的分压; 为保证合金铸锭的成分尽可能均匀, 每个合金铸锭均需要反复熔炼 3 ~ 5 次; 将合金铸锭压碎成小块, 将一定质量的小块合金放入底部带有小孔 (直径 1 ~ 1.5mm) 的石英管内后, 将工作腔抽真空至  $10^{-3} \sim 10^{-4}$  Pa, 再进行感应熔炼, 采用铜模浇铸的方法来制备, 用高纯氩气将石英管内的合金熔体喷入正下方的铜模, 进行铜模浇铸, 获得直径为 5mm 棒状样品。

[0023] 由图 1-4 可知, 本实施例合金的晶体结构为简单的 bcc 单一固溶体结构, 由于调幅分解, 在晶粒内部均匀地形成了宽度约 45 ~ 75nm, 长度约 90 ~ 230nm 的胞状晶。压缩屈服强度达到 1349MPa, 压缩断裂强度达到 2527MPa, 总应变达到 12.63%。

[0024] 实施例 2

[0025] 与实施例 1 不同之处在于:

[0026] 选择的多主元合金为 AlCoCrFeNiSi<sub>0.4</sub> (角标为摩尔比)。本实施例合金压缩屈服强度达到 1524MPa, 压缩断裂强度达到 2826MPa, 总应变达到 12.35%。

[0027] 实施例 3

[0028] 与实施例 1 不同之处在于:

[0029] 选择的多主元合金为 AlCoCrFeNiSi<sub>0.6</sub> (角标为摩尔比)。在本实施例合金的组织结构中析出了尺寸约 300nm 的  $\delta$  相, 压缩屈服强度达到 1776MPa, 压缩断裂强度达到 2273MPa, 总应变达到 2.71%。

[0030] 实施例 4

[0031] 与实施例 1 不同之处在于:

[0032] 选择的多主元合金为 AlCoCrFeNiSi<sub>0.8</sub> (角标为摩尔比)。在本实施例合金的组

织结构中析出了尺寸约 500nm 的  $\delta$  相, 压缩屈服强度达到 2396MPa, 压缩断裂强度达到 2744MPa, 总应变达到 1.47%。

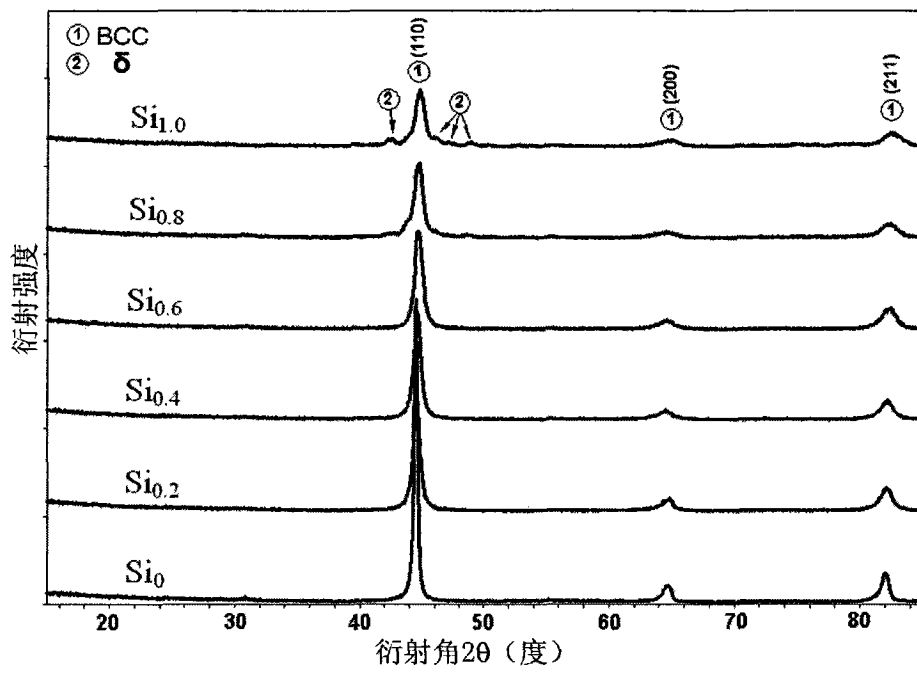


图 1

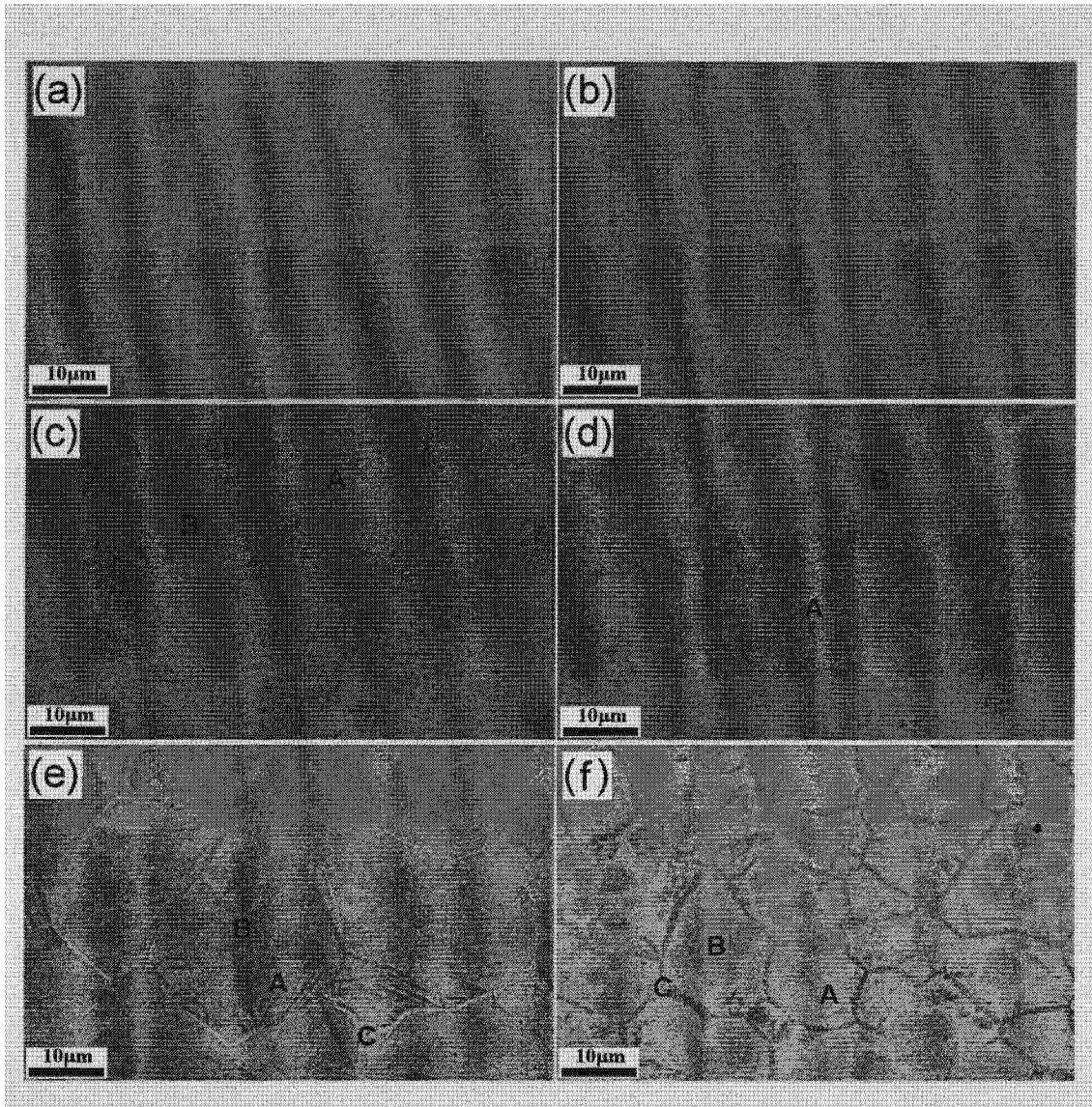


图 2

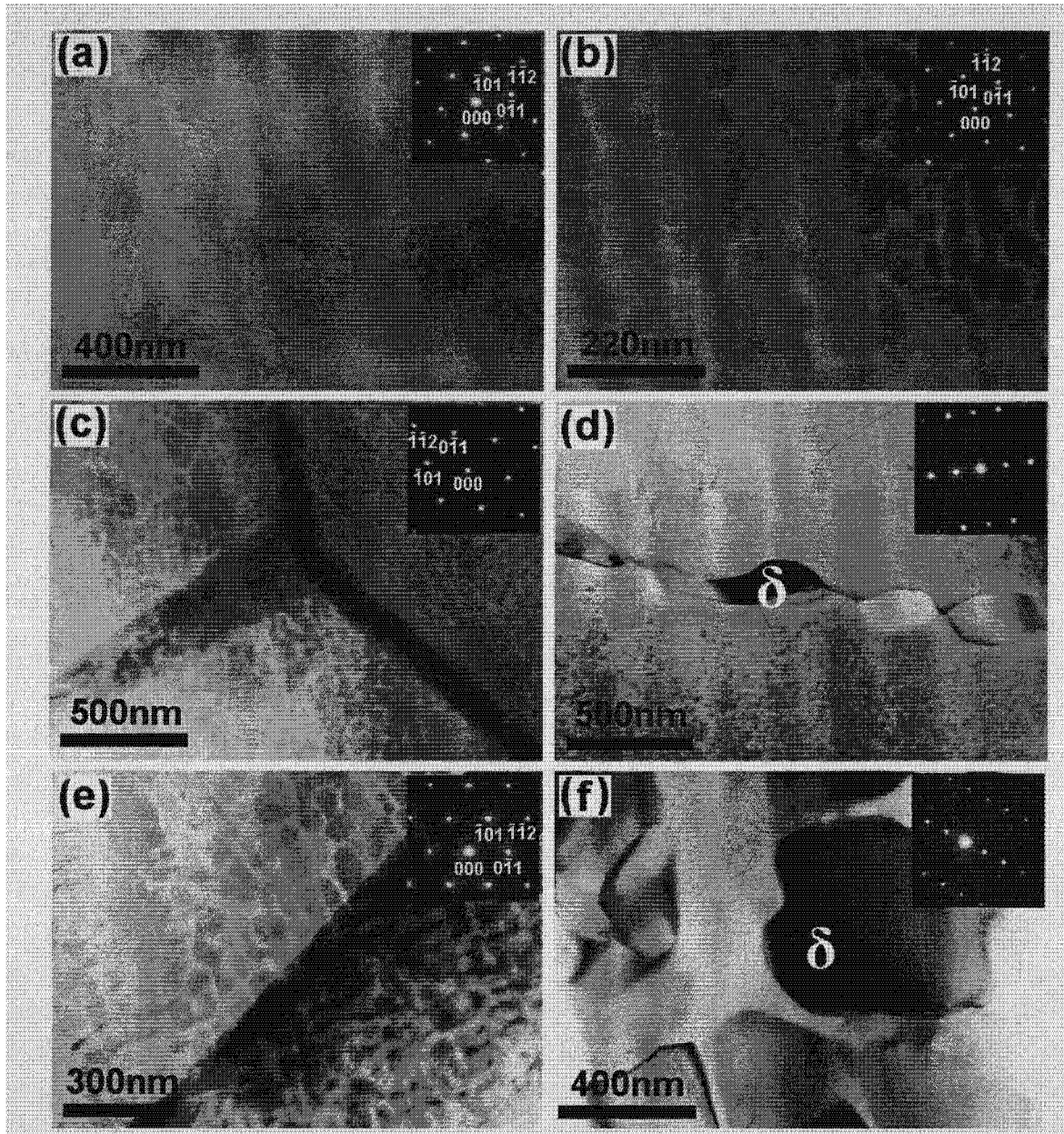


图 3



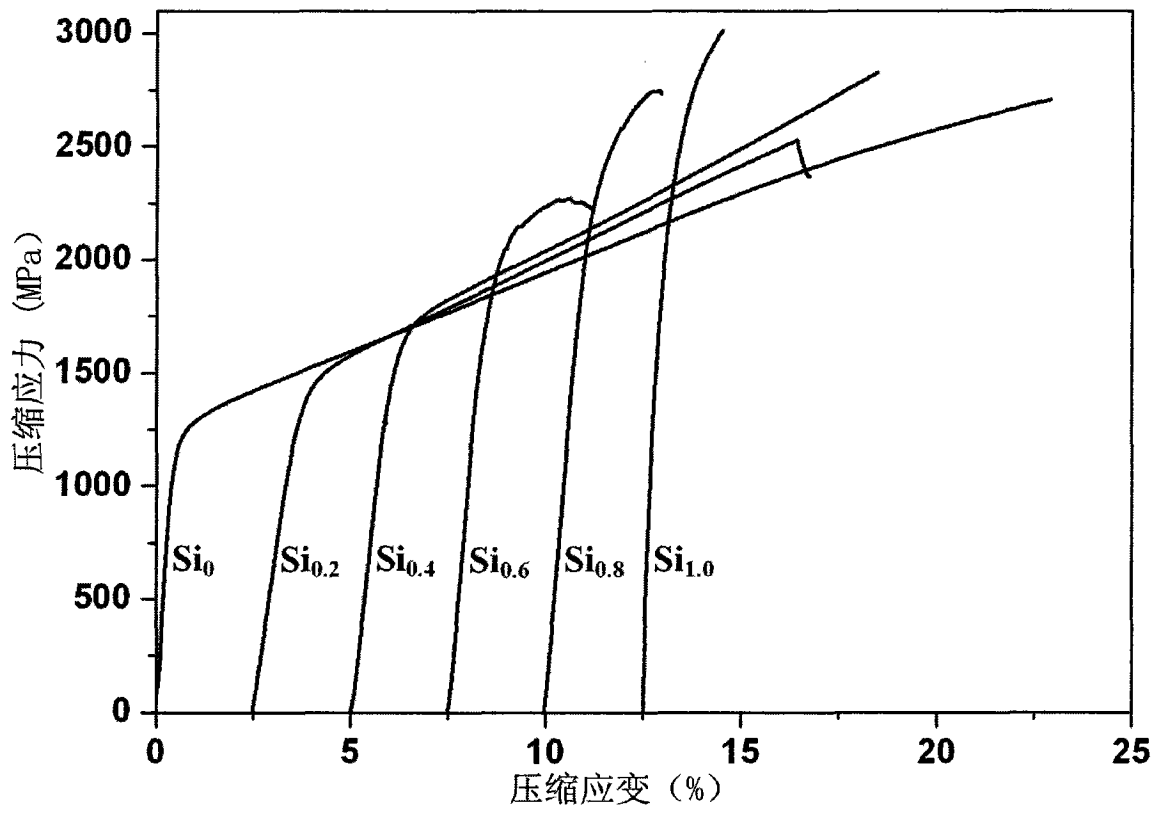


图 4