



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109320249 B

(45) 授权公告日 2022.02.15

(21) 申请号 201811062507.4

C04B 35/81 (2006.01)

(22) 申请日 2018.09.12

C04B 35/622 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 109320249 A

(56) 对比文件

CN 102863218 A, 2013.01.09

CN 107098697 A, 2017.08.29

(43) 申请公布日 2019.02.12

CN 106977220 A, 2017.07.25

(73) 专利权人 华南理工大学

CN 105272260 A, 2016.01.27

地址 510640 广东省广州市天河区五山路
381号

US 7723247 B2, 2010.05.25

审查员 许甜

(72) 发明人 李小强 李京懋 屈盛官 李东宇
杨超

(74) 专利代理机构 广州市华学知识产权代理有
限公司 44245

代理人 陈智英

(51) Int. Cl.

C04B 35/56 (2006.01)

权利要求书1页 说明书6页 附图2页

(54) 发明名称

一种含氧化硼的碳化钨复合材料及其制备方法

(57) 摘要

本发明属于硬质合金材料技术领域,公开了一种含氧化硼的碳化钨复合材料及其制备方法。所述复合材料由碳化钨、氧化硼、氧化铝和氧化锆制备而成,其中碳化钨的含量为88-96wt%,氧化硼、氧化铝和氧化锆的用量都不为0;且氧化铝:氧化硼的摩尔比为(0.5~4.5):1。本发明通过加入氧化硼,显著降低复合材料的烧结温度,同时提高复合材料的断裂韧性。利用氧化硼与氧化铝反应生成硼酸铝晶须的过程,在较低温度得到致密的无粘结相WC复合材料。所制备的复合材料不含有任何金属粘结相,具有很高的硬度、耐磨性以及较好的韧性,适合刀具材料或模具材料。

1. 一种含氧化硼的碳化钨复合材料,其特征在于:由碳化钨、氧化硼、氧化铝和氧化锆制备而成,其中所述碳化钨的含量为88~95wt%;所述氧化硼、氧化铝和氧化锆的用量满足以下条件:氧化铝:氧化硼的摩尔比为(0.5~4.5):1,氧化铝与氧化锆的摩尔比为(0.3~2):1;氧化锆是以 ZrO_2 (3Y)为原料;

所述含氧化硼的碳化钨复合材料的制备方法,包括以下步骤:

(1) 将碳化钨粉体、 B_2O_3 粉体、 ZrO_2 (3Y)粉体和 Al_2O_3 粉体超声分散于有机溶剂中,球磨,获得球磨浆料;

(2) 将球磨浆料干燥,过筛,获得复合粉末;所述复合粉末为颗粒尺寸 $\leq 75\mu m$ 的复合粉末;

(3) 将复合粉末进行烧结,得到无粘结相的氧化硼与氧化铝氧化锆增韧碳化钨复合材料即含氧化硼的碳化钨复合材料;复合粉末置于模具中进行烧结;

步骤(3)中所述烧结温度为1250~1600 $^{\circ}C$;

所述烧结的条件:

烧结电流类型为直流脉冲电流;

烧结压力:30~50 MPa;

烧结气氛:低真空 ≤ 6 Pa;

升温速率:20~300 $^{\circ}C/min$;

保温时间:0~60 min。

2. 根据权利要求1所述含氧化硼的碳化钨复合材料,其特征在于:氧化铝与氧化锆的摩尔比为(0.3~1):1。

3. 根据权利要求1所述含氧化硼的碳化钨复合材料,其特征在于:步骤(3)中所述烧结温度为1350~1570 $^{\circ}C$ 。

4. 根据权利要求1所述含氧化硼的碳化钨复合材料,其特征在于:所述保温时间为1~60min。

5. 根据权利要求1所述含氧化硼的碳化钨复合材料,其特征在于:步骤(1)中所述有机溶剂为乙醇、环己烷中一种以上;

步骤(2)中所述干燥是指干燥至溶剂残余质量 $\leq 1\%$ 。

一种含氧化硼的碳化钨复合材料及其制备方法

技术领域

[0001] 本发明属于WC基硬质合金材料技术领域,涉及一种无粘结相碳化钨复合材料,具体涉及一种掺杂氧化硼与氧化铝、氧化锆复合增韧碳化钨材料及其制备方法。

背景技术

[0002] WC-Co硬质合金作为工业常用切削材料,广泛应用于地质、机械加工、石油探测和研磨等耐磨、耐腐蚀和耐高温材料领域。然而随着科技进步,其应用工况不断恶劣,传统硬质合金越来越不能满足更严苛的性能要求。尤其在酸碱度变化巨大、高速/高温切削的工作环境下,传统硬质合金的Co相成为限制其发挥的主要原因。钴相耐酸碱性能较差,且会高温软化。同时,我国是一个贫钴国家,世界Co资源的分布是极其不均衡的,刚果(金)、澳大利亚和古巴三国的Co储量之和就占据世界总储量的68%。剧烈变化的世界形势为中国的Co原料的供应带来很多不稳定因素。因此,寻找非粘结相代Co材料,缓解对国外Co进口的需求,同时提高WC类硬质合金的高温性能、耐酸碱性能就显得非常重要。

[0003] 目前对无粘结相WC基复合材料的研究集中于提高其断裂韧性上,通常借鉴陶瓷材料增韧手段,通过引入陶瓷颗粒控制晶粒大小等工艺参数提高其断裂韧性。但引入陶瓷颗粒的后果就是大幅提高烧结温度,一般陶瓷增韧无粘结相WC基复合材料欲达到致密度>97%以上需要将烧结温度提高到1600℃(Huang S.G.,Vanmeensel K.,Biest O.V.D.,et al.Development of ZrO₂-WC composites by pulsed electric current sintering[J].Journal of the European Ceramic Society.2007,27(10):3269-3275)。而要达到最佳韧性指标,一般需要将烧结温度到1800℃。而现有WC-Co硬质合金烧结全致密仅需1400℃左右。这对现有粉末冶金行业将是极大挑战。同时无粘结相WC基复合材料韧性较低,欲达到断裂韧性~10MPa·m^{1/2}即需特殊烧结工艺。相较传统WC-Co硬质合金(YG系列)远超14MPa·m^{1/2}的断裂韧性指标,仍有较大差距。

[0004] 目前,报道的无粘相WC基硬质合金如WC-MgO、WC-Al₂O₃、WC-SiC、WC-TiO₂等。夏晓建(Xia X.,Li X.,Li J.,et al.Microstructure and characterization of WC-2.8wt% Al₂O₃-6.8wt%ZrO₂ composites produced by spark plasma sintering[J].CERAMICS INTERNATIONAL.2016,42(12):14182-14188)等通过共晶陶瓷相增韧WC材料,有效的将无粘WC硬质合金烧结温度降至1600℃,为后续研究提供了新的思路。但其韧性较差,相较纯WC基体的韧性6.68 MPa·m^{1/2}仅提升至~8.9MPa·m^{1/2}。

发明内容

[0005] 为了解决以上现有技术的缺点和不足之处,本发明的首要目的在于提供一种复合增韧WC复合材料(即含氧化硼的碳化钨复合材料)。本发明在碳化钨基体中加入氧化锆、氧化硼、氧化铝,所获得复合材料具有非常好的性能,烧结温度低。

[0006] 本发明的另一目的在于提供上述复合增韧WC复合材料的制备方法。

[0007] 本发明目的通过以下技术方案实现:

[0008] 一种复合增韧碳化钨复合材料,由碳化钨、氧化硼、氧化铝和氧化锆制备而成,其中碳化钨(WC)的含量为88-96wt%,优选为88~95%,氧化硼、氧化铝和氧化锆的用量都不为0。

[0009] 所述氧化硼、氧化铝和氧化锆的用量满足以下条件: $Al_2O_3:B_2O_3$ 摩尔比为(0.5~4.5):1,氧化铝与氧化锆摩尔比为(0.3~2):1,优选为(0.3~1):1,更优选4:6。

[0010] 上述复合增韧WC复合材料(即含氧化硼的碳化钨复合材料)的制备方法,包括以下步骤:

[0011] (1)将碳化钨(WC)粉体、 B_2O_3 粉体、 ZrO_2 (3Y)粉体和 Al_2O_3 粉体超声分散于有机溶剂中,球磨,获得球磨浆料;

[0012] (2)将球磨浆料干燥,过筛,获得复合粉末;

[0013] (3)将复合粉末进行烧结,得到无粘结相的氧化硼与氧化铝氧化锆增韧碳化钨复合材料即含氧化硼的碳化钨复合材料。

[0014] 步骤(1)中所述有机溶剂为乙醇、环己烷中一种以上。

[0015] 步骤(1)中超声分散的时间 $\geq 0.5h$;所述球磨的条件为转速100~500r/min,球磨时间为12~36h,优所述球磨选为正反交替球磨,即先球磨一段时间,停止球磨一段时间,再反方向球磨一段时间,如此循环重复。

[0016] 步骤(2)中所述干燥是指干燥至溶剂残余质量 $\leq 1\%$ 。所述复合粉末为颗粒尺寸 $\leq 75\mu m$ 的复合粉末。

[0017] 步骤(3)中所述烧结温度为1250~1600 $^{\circ}C$,优选为1350~1570,更优选1400~1450 $^{\circ}C$ 。

[0018] 步骤(3)中所述烧结是指采用放电等离子烧结、热压烧结、无压烧结等真空烧结技术进行烧结;

[0019] 所述烧结的条件优选:

[0020] 烧结电流类型为直流脉冲电流;

[0021] 烧结压力:30~50MPa;

[0022] 烧结气氛:低真空 $\leq 6Pa$;

[0023] 升温速率:20~300 $^{\circ}C/min$;

[0024] 烧结温度:1250 $^{\circ}C$ ~1600 $^{\circ}C$;

[0025] 保温时间:0~60min。

[0026] 所述保温时间优选为1~60min。

[0027] 步骤(3)中所述烧结是指将复合粉末置于模具中进行烧结成型。

[0028] 本发明引入氧化硼,改善复合材料烧结性能,同时氧化硼与氧化铝在低温反应改善了基体与第二相粒子的界面,同时取得和部分YG类硬质合金极接近的断裂韧性。

[0029] 本发明的复合材料及制备方法具有如下优点及有益效果:

[0030] (1)本发明在纯WC中加入氧化硼,氧化硼在较低温变成液相,有助于在制备过程中更好的与WC基体和第二相陶瓷实现结合,对传统的第二相增韧方式做出了重要改进;

[0031] (2)本发明在无粘结相硬质合金中引入氧化硼后,利用氧化硼与氧化铝在较低温形成硼酸铝晶须,有助于提高基体材料韧性的同时,保持基体材料本身的高硬度;同时大幅降低了烧结温度,提高了基体在较低烧结温度下的致密度,并在较低温度下得到了较好的

综合力学性能；

[0032] (3) 本发明制备的WC复合材料是一种由掺杂有部分硼酸铝晶须的及氧化铝氧化锆共晶体的不含有任何金属粘结相的WC复合材料，它具有很高的硬度、较优秀的断裂韧性、耐磨性、抗氧化性能，适合作为刀具材料或者模具材料。

附图说明

[0033] 图1为实施例1所得掺杂氧化硼与氧化铝氧化锆材料复合增韧WC复合材料的背散射扫描电镜图(a)及体现其力学性能的维氏硬度裂纹图(b)；

[0034] 图2为实施例2中所得掺杂氧化硼与氧化铝氧化锆材料复合增韧WC复合材料生长出具有一定长径比的硼酸铝晶须的扫描电子显微镜图；图中两幅图是同一材料的不同放大倍数图；

[0035] 图3为实施例3中所得掺杂氧化硼与氧化铝氧化锆材料复合增韧WC复合材料生长出由具有WC颗粒异常长大及层片状氧化铝氧化锆共晶组成的组织的扫描电子显微镜照片。

具体实施方式

[0036] 下面结合实施例及附图对本发明作进一步详细的描述，但本发明的实施方式不限于此。

[0037] 本发明的复合增韧碳化钨复合材料，由碳化钨、氧化硼、氧化铝和氧化锆制备而成，其中碳化钨(WC)的含量为88-96wt%，优选为88~95%，氧化硼、氧化铝和氧化锆的用量都不为0。本发明的氧化锆是以 $ZrO_2(3Y)$ 为原料。本发明的氧化铝优选为纳米级。

[0038] 实施例1

[0039] 本实施例的一种掺杂氧化硼与氧化铝氧化锆材料复合增韧WC复合材料(即复合增韧碳化钨复合材料)，通过如下方法制备：

[0040] (1) 将93g WC(0.8 μ m, 纯度>99.9%，厦门金鹭有限公司)，1g B_2O_3 (AR>98%，阿拉丁)，1.86g Al_2O_3 (<100nm, 北京蒙泰有研技术开发中心)，4.14g氧化锆($ZrO_2(3Y)$ ，徐州捷创新材料科技有限公司)，倒入250ml硬质合金罐中，再加入乙醇作为溶剂(所得混合浆料的体积不超过球磨罐容积的2/3)，得到混合浆料；将装有混合浆料的球磨罐置于超声清洗机中50℃超声分散0.5h，然后置于行星式球磨机上进行湿式球磨(转速300r/min, 球磨时间为24h)，得到球磨浆料；

[0041] (2) 将球磨浆料置于真空干燥箱中干燥至溶剂残余量 $\leq 1\%$ ，取出烘干后的粉末碾碎、过筛，获得颗粒尺寸 $\leq 75\mu$ m的复合粉末；

[0042] (3) 取25g复合粉末装进内径 $\varnothing 20$ mm和外径 $\varnothing 50$ mm的圆筒形石墨模具中，粉料、凹模与冲头两两之间均以石墨纸隔开以便脱模，凹模外还包覆一层10mm厚的石墨毡以减少热辐射损耗；将装有复合粉末的石墨模具置于放电等离子烧结炉中进行烧结，得到掺杂氧化硼与氧化铝氧化锆材料复合增韧WC复合材料。所述烧结参数为：烧结电流类型为直流脉冲电流，烧结气氛为低真空(≤ 6 Pa)，烧结压力为30MPa，升温速率为100℃/min，测温方式为红外测温($\geq 570^\circ$ C)，烧结温度为1450℃，保温时间5min。

[0043] 本实施例所得掺杂氧化硼与氧化铝氧化锆材料复合增韧WC复合材料经测量其阿基米德法测试后计算得到密度为99.1%；采用维氏硬度计并设定载荷30kg力测试硬度，硬

度为 HV_{30} 20GPa;根据维氏硬度压痕,采用压痕法计算得到断裂韧性 $12.49\text{Mpa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 。

[0044] 本实施例所得掺杂氧化硼与氧化铝氧化锆材料复合增韧WC复合材料的扫描电镜图和30kgf维氏压痕如图1所示。图1为实施例1所得掺杂氧化硼与氧化铝氧化锆材料复合增韧WC复合材料的背散射扫描电镜图(a)及体现其力学性能的维氏硬度裂纹图(b)。

[0045] 实施例2

[0046] 本实施例的一种掺杂氧化硼与氧化铝氧化锆材料复合增韧WC复合材料(即复合增韧碳化钨复合材料),通过如下方法制备:

[0047] 步骤(1)~(2)与实施例1相同;

[0048] (3)取25g复合粉末装进内径 $\text{Ø}20\text{mm}$ 和外径 $\text{Ø}50\text{mm}$ 的圆筒形石墨模具中,粉料、凹模与冲头两两之间均以石墨纸隔开以便脱模,凹模外还包覆一层10mm厚的石墨毡以减少热辐射损耗;将装有复合粉末的石墨模具置于放电等离子烧结炉中进行烧结,得到掺杂氧化硼与氧化铝氧化锆材料复合增韧WC复合材料。所述烧结参数为:烧结电流类型为直流脉冲电流,烧结气氛为低真空($\leq 6\text{Pa}$),烧结压力为30MPa,升温速率为 $100^\circ\text{C}/\text{min}$,测温方式为红外测温($\geq 570^\circ\text{C}$),烧结温度为 1350°C ,保温时间15min。

[0049] 本实施例所得掺杂氧化硼与氧化铝氧化锆材料复合增韧WC复合材料经测量计算其相对密度为98%,硬度为 HV_{30} 21Pa,断裂韧性 $9.4\text{Mpa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 。

[0050] 本实施例所得材料扫描电镜图片如图2所示,由于烧结工艺不同,所得组织与实施例1不同,出现黑色长条状相。图2为实施例2中所得掺杂氧化硼与氧化铝氧化锆材料复合增韧WC复合材料生长出具有一定长径比的硼酸铝晶须的扫描电子显微镜图;图中两幅图是同一材料的不同放大倍数图。

[0051] 实施例3

[0052] 本实施例的一种掺杂氧化硼与氧化铝氧化锆材料复合增韧WC复合材料,通过如下方法制备:

[0053] 步骤(1)~(2)与实施例1相同;

[0054] (3)取25g复合粉末装进内径 $\text{Ø}20\text{mm}$ 和外径 $\text{Ø}50\text{mm}$ 的圆筒形石墨模具中,粉料、凹模与冲头两两之间均以石墨纸隔开以便脱模,凹模外还包覆一层10mm厚的石墨毡以减少热辐射损耗;将装有复合粉末的石墨模具置于放电等离子烧结炉中进行烧结,得到掺杂氧化硼与氧化铝氧化锆材料复合增韧WC复合材料。所述烧结参数为:烧结电流类型为直流脉冲电流,烧结气氛为低真空($\leq 6\text{Pa}$),烧结压力为30MPa,升温速率为 $100^\circ\text{C}/\text{min}$,测温方式为红外测温($\geq 570^\circ\text{C}$),烧结温度为 1600°C ,保温时间5min。

[0055] 本实施例所得掺杂氧化硼与氧化铝氧化锆材料复合增韧WC复合材料经测量计算其相对密度为98%,硬度为 HV_{30} 18Pa,断裂韧性 $9\text{Mpa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 。

[0056] 本实施例所得材料扫描电镜图片如图3所示,由于烧结工艺不同,所得组织与实施例1、2不同,出现长大长的条状碳化钨和层片状共晶ZTA组织。

[0057] 实施例4

[0058] 本实施例的一种掺杂氧化硼与氧化铝氧化锆材料复合增韧WC复合材料,通过如下方法制备:

[0059] 步骤(1)~(2)与实施例1相同;

[0060] (3)取25g复合粉末装进内径 $\text{Ø}20\text{mm}$ 和外径 $\text{Ø}50\text{mm}$ 的圆筒形石墨模具中,粉

料、凹模与冲头两两之间均以石墨纸隔开以便脱模,凹模外还包覆一层10mm厚的石墨毡以减少热辐射损耗;将装有复合粉末的石墨模具置于热压烧结炉(12x12x12, Vacuum industrial USA)中进行烧结,得到掺杂氧化硼与氧化铝氧化锆材料复合增韧WC复合材料。所述烧结参数为:烧结气氛为高真空($\leq 6 \times 10^{-4}$ torr),烧结压力为30MPa,升温速率为20°C/min,测温方式为红外测温($\geq 1000^\circ\text{C}$),烧结温度为1350°C,保温时间60min。

[0061] 本实施例所得掺杂氧化硼与氧化铝氧化锆材料复合增韧WC复合材料经测量计算其相对密度为95%,硬度为 HV_{30} 19GPa,断裂韧性 $10.4\text{Mpa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 。

[0062] 实施例5

[0063] 本实施例的一种掺杂氧化硼与氧化铝氧化锆材料复合增韧WC复合材料,通过如下方法制备:

[0064] (1) 将96g WC (0.8 μm ,纯度 $>99.9\%$,厦门金鹭有限公司),1g B_2O_3 (AR $>98\%$,阿拉丁),0.93g Al_2O_3 ($<100\text{nm}$,北京蒙泰有研技术开发中心)和2.07g氧化锆(ZrO_2 (3Y),徐州捷创新材料科技有限公司),倒入250ml硬质合金罐中,再加入乙醇作为溶剂(所得混合浆料的体积不超过球磨罐容积的2/3),得到混合浆料;将装有混合浆料的球磨罐置于超声清洗机中50°C超声分散0.5h,然后置于行星式球磨机上进行湿式球磨(转速300r/min,球磨时间为24h),得到球磨浆料;

[0065] (2) 将球磨浆料置于真空干燥箱中干燥至溶剂残余量 $\leq 1\%$,取出烘干后的粉末碾碎、过筛,获得颗粒尺寸 $\leq 75\mu\text{m}$ 的复合粉末;

[0066] (3) 取25g复合粉末装进内径 $\varnothing 20\text{mm}$ 和外径 $\varnothing 50\text{mm}$ 的圆筒形石墨模具中,粉料、凹模与冲头两两之间均以石墨纸隔开以便脱模,凹模外还包覆一层10mm厚的石墨毡以减少热辐射损耗;将装有复合粉末的石墨模具置于放电等离子烧结炉中进行烧结,得到掺杂氧化硼与氧化铝氧化锆材料复合增韧WC复合材料。所述烧结参数为:烧结电流类型为直流脉冲电流,烧结气氛为低真空($\leq 6\text{Pa}$),烧结压力为30MPa,升温速率为100°C/min,测温方式为红外测温($\geq 570^\circ\text{C}$),烧结温度为1450°C,保温时间5min。

[0067] 本实施例所得掺杂氧化硼与氧化铝氧化锆材料复合增韧WC复合材料经测量其阿基米德法测试后计算得到密度为99.1%;采用维氏硬度计并设定载荷30kg力测试硬度,硬度为 HV_{30} 19GPa;根据维氏硬度压痕,采用压痕法计算得到断裂韧性 $8.9\text{Mpa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 。

[0068] 实施例6

[0069] 本实施例的一种掺杂氧化硼与氧化铝氧化锆材料复合增韧WC复合材料,通过如下方法制备:

[0070] (1) 将90g WC (0.8 μm ,纯度 $>99.9\%$,厦门金鹭有限公司),1g B_2O_3 (AR $>98\%$,阿拉丁),2.8g Al_2O_3 ($<100\text{nm}$,北京蒙泰有研技术开发中心)和6.2g氧化锆(ZrO_2 (3Y),徐州捷创新材料科技有限公司),倒入250ml硬质合金罐中,再加入乙醇作为溶剂(所得混合浆料的体积不超过球磨罐容积的2/3),得到混合浆料;将装有混合浆料的球磨罐置于超声清洗机中50°C超声分散0.5h,然后置于行星式球磨机上进行湿式球磨(转速300r/min,球磨时间为24h),得到球磨浆料;

[0071] (2) 将球磨浆料置于真空干燥箱中干燥至溶剂残余量 $\leq 1\%$,取出烘干后的粉末碾碎、过筛,获得颗粒尺寸 $\leq 75\mu\text{m}$ 的复合粉末;

[0072] (3) 取25g复合粉末装进内径 $\varnothing 20\text{mm}$ 和外径 $\varnothing 50\text{mm}$ 的圆筒形石墨模具中,粉

料、凹模与冲头两两之间均以石墨纸隔开以便脱模,凹模外还包覆一层10mm厚的石墨毡以减少热辐射损耗;将装有复合粉末的石墨模具置于放电等离子烧结炉中进行烧结,得到掺杂氧化硼与氧化铝氧化锆材料复合增韧WC复合材料。所述烧结参数为:烧结电流类型为直流脉冲电流,烧结气氛为低真空($\leq 6\text{Pa}$),烧结压力为30MPa,升温速率为 $100^\circ\text{C}/\text{min}$,测温方式为红外测温($\geq 570^\circ\text{C}$),烧结温度为 1450°C ,保温时间5min。

[0073] 本实施例所得掺杂氧化硼与氧化铝氧化锆材料复合增韧WC复合材料经测量其阿基米德法测试后计算得到密度为99.1%;采用维氏硬度计并设定载荷30kg力测试硬度,硬度为 $\text{HV}_{30} 19.5\text{GPa}$;根据维氏硬度压痕,采用压痕法计算得到断裂韧性 $10.2\text{Mpa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 。

[0074] 氧化硼与氧化铝生成硼酸铝晶须并不能直接改善WC基体的强度,因为硼酸铝晶须强度相较基体WC不高,硬度比基体相差极大。本发明将氧化硼、氧化铝、氧化锆共同改善WC,WC复合材料的性能得到较大的改善。

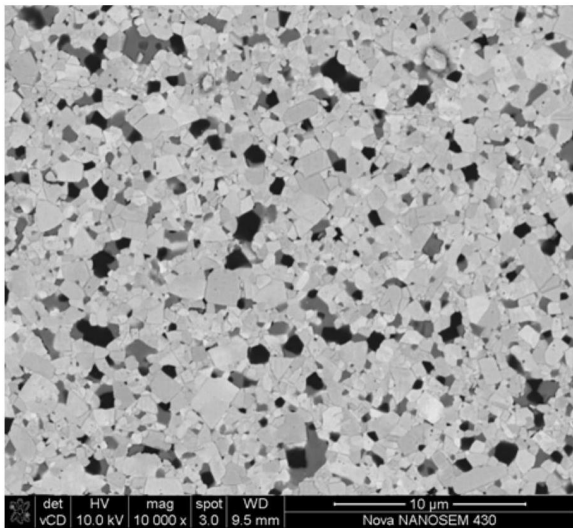
[0075] 在加压烧结过程中,此含 B_2O_3 的WC基复合材料致密化曲线明显呈现四个阶段: $< 1030 \pm 30^\circ\text{C}$; $1030-1450^\circ\text{C}$; $1450^\circ\text{C}-1570^\circ\text{C}$; $> 1570^\circ\text{C}$ 。

[0076] 烧结工艺不同,所产生的样品组织不同:烧结温度在 $1030-1450^\circ\text{C}$ 阶段保温,组织中会形成 $9\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{B}_2\text{O}_3$ 晶须;在温度高于 1450°C 时,组织由 $9\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{B}_2\text{O}_3$ 晶须、ZTA共晶与WC颗粒组成;超过 1570°C 保温,组织由ZTA共晶与WC颗粒组成。

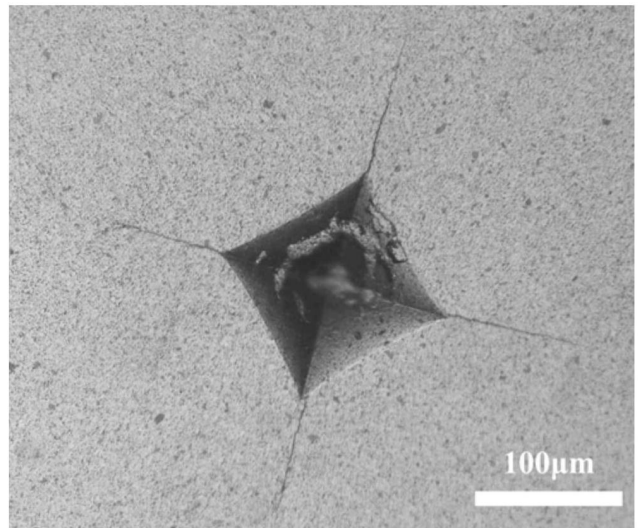
[0077] 在烧结温度为 $1350 \sim 1450^\circ\text{C}$ 时,样品组织中会产生少量的ZTA共晶。

[0078] 在烧结过程中,此含 B_2O_3 的WC基复合材料中,氧化硼与氧化铝在温度 $< 1030 \pm 30^\circ\text{C}$; $1030-1450^\circ\text{C}$ 阶段分别形成 $2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{B}_2\text{O}_3$ 晶须, $9\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{B}_2\text{O}_3$ 晶须。在温度高于 1450°C 时 $9\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{B}_2\text{O}_3$ 晶须分解成 Al_2O_3 与 B_2O_3 后, Al_2O_3 与氧化锆结合形成层片状ZTA(氧化铝氧化锆)共晶。其综合力学性能在烧结温度 $1400^\circ\text{C}-1450^\circ\text{C}$ 取得最佳,最佳硬度在烧结温度 1350°C 取得

[0079] 上述实施例为本发明较佳的实施方式,但本发明的实施方式并不受上述实施例的限制,其它的任何未背离本发明的精神实质与原理下所作的改变、修饰、替代、组合、简化,均应为等效的置换方式,都包含在本发明的保护范围之内。

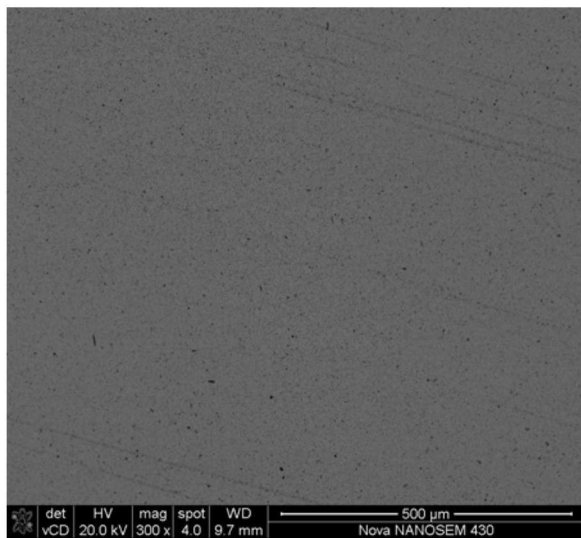


(a)

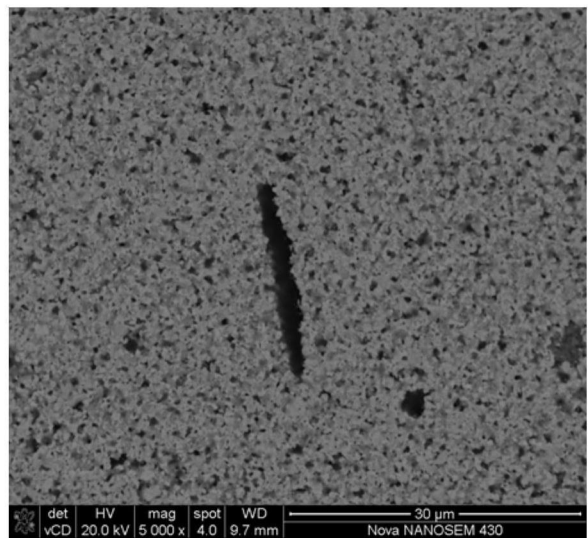


(b)

图1



(a)



(b)

图2

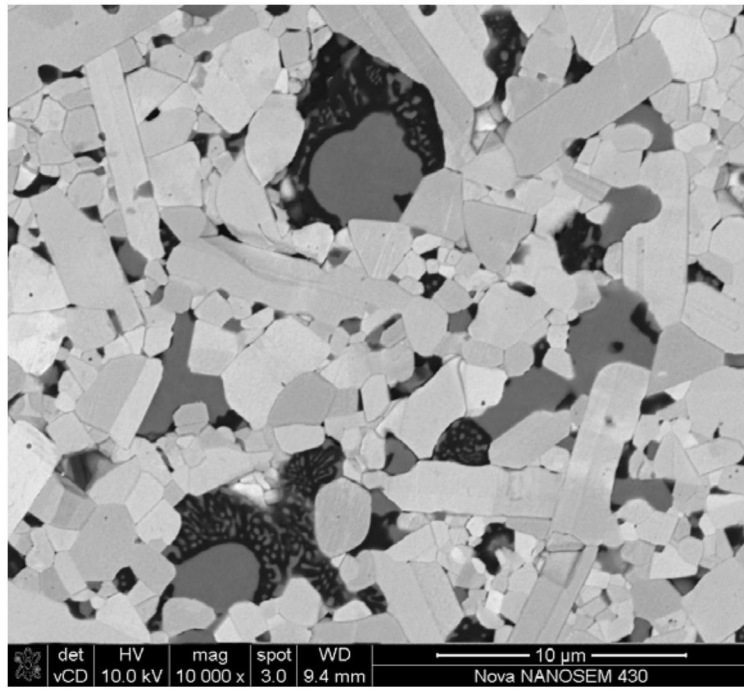


图3