

WC类硬质合金胎体材料的试验研究

王镇全,王克雄

(石油大学 北京 石油工程系 北京 102200)

摘要 介绍一种 WC 类硬质合金胎体材料配方,在胎体材料中添加了微量磷元素,通过其活化作用,使硬质合金材料在 1060 ℃ 温度下烧结成型,并通过调节配方中的 Co-Ni 含量,使其具备了所需要的机械性能。并扼要介绍了以 YG12-Ni8-P0.2 硬质合金为胎体材料的人造金刚石复合体钻头的试验情况。

关键词 硬质合金 活化作用 活化烧结 胎体 人造金刚石复合体

中图分类号:TF125.3 P634.4⁺1 文献标识码:A 文章编号:1000-3746(2000)05-0025-02

Experiment on WC Tungsten Carbide Matrix Material/WANG Zhen-quan, WANG Ke-xiong (University of Petroleum, Beijing 102200, China)

Abstract: A formulation of WC tungsten carbide matrix material is introduced. In the matrix material a micro-content of phosphor is added to activate the tungsten carbide so that it can be sintered and moulded at the temperature of 1060 ℃. The required mechanical properties of matrix material are obtained by adjusting the Co-Ni content in the formulation. The testing result of PDC bits with YG12-Ni8-P0.2 as matrix material is briefly introduced.

Key words: tungsten carbide; activation; activated sintering; matrix; PDC

“热压法”烧结孕镶金刚石制品,在金刚石质量相同的条件下,金刚石制品的质量取决于胎体材料的性能(包括:硬度、强度、对金刚石的包镶性能、烧结温度等)。在一些研磨性较强的地层(如砂岩)中,要求胎体材料具有高硬度^[1],以提高胎体材料的耐磨性,使胎体不致先期磨损而使金刚石早期脱落,以提高金刚石制品的寿命。

WC类硬质合金(WC含量>80%)材料具有很高的硬度(HRA>84),同时由于其粘结相中的Co、Ni或Fe元素对金刚石具有良好的包镶性能,在一些对胎体硬度要求很高的情况下,硬质合金是孕镶金刚石制品胎体材料的良好选择。但是,常规烧结硬质合金的工艺烧结温度超过1350℃^[2],处于金刚石高速石墨化的温度区,因此选用WC类硬质合金作为金刚石制品的胎体材料,关键问题是降低其烧结温度。

为降低WC类硬质合金的烧结温度,采用活化烧结的方法,使硬质合金的烧结温度降低到1060℃,并通过大量的试验研究,使硬质合金胎体材料的各项性能指标达到了使用要求。本文介绍了WC-Co类硬质合金胎体材料活化烧结机理、基本配方及其使用效果。

1 硬质合金胎体的活化烧结机理

“热压”孕镶金刚石制品的胎体材料由骨架相和粘结相组成,要使其具有好的性能,必须满足2个条件:(1)烧结温度必须超过粘结相的共晶点温度,使粘结相熔化;(2)粘结相的液态要有良好的流动性,以有效地浸润骨架相。因此,一般条件下烧结温度比粘结相的共晶点温度高出20~50℃。

常规孕镶金刚石制品胎体材料的烧结温度选择金刚石

热损伤程度低的区域,一般为800~1100℃。但是,WC-Co类硬质合金材料常规烧结工艺烧结温度在1350℃以上,处于金刚石高速石墨化的温度区。为降低硬质合金烧结温度,使其能够在800~1100℃的温度下烧结成型,采用了一种活化烧结工艺。

活化烧结工艺的原理是在胎体材料中添加微量元素,微量元素能与粘结相金属形成共晶点温度较低的共晶合金,从而降低胎体材料的烧结温度^[3]。金属钴、镍与某些非金属元素如P、S、Sn、B等合金的共晶温度较低,在硬质合金中添加微量此类元素,可使硬质合金的烧结温度大幅度降低。以微量P元素为例,其活化作用机理如下:

(1) 钴磷合金的共晶温度为1022℃。在烧结过程中,由于磷元素在钴颗粒表面吸附偏聚,使基体内局部的Co/P含量达到或超过Co-P合金的共晶成分,当烧结温度超过1022℃的共晶温度时,其体内出现液相,开始合金化进程。

(2) 局部液相中的P元素在液相表面偏析(见图1),使未熔化的Co颗粒的表面Co/P含量超过Co-P合金的共晶成分而熔化。在烧结压力作用下,已形成的液相会迅速浸润骨架WC。

(3) 上述过程的延续,使胎体最终完全合金化。

2 硬质合金胎体配方的试验研究

2.1 WC-Co-P硬质合金胎体材料的研究

在Co类硬质合金中添加微量P元素进行了试验,试验结果见表1。从表1可以得出3点结论:

(1) 在1060℃的烧结温度下,添加微量P元素的WC-

收稿日期:2000-07-15

基金项目:原地矿部“八五”科技攻关项目“人造金刚石复合材料及其钻头的开发研究(75-12-03)中的部分内容

作者简介:王镇全(1965-),男(汉族),山东寿光人,石油大学(北京)高级工程师,探矿工程专业,硕士,从事钻井工艺、破岩机理及破岩工具的研究与教学工作,工作单位:北京市昌平区;王克雄(见第60页)。

Co₂₀ 硬质合金的硬度与常规工艺烧结的硬质合金硬度相同, 抗弯强度达到 1389 MPa, 而未添加微量 P 元素的 WC - Co₂₀ 硬质合金的硬度、抗弯强度都很低, 表明: 微量 P 元素具有极强的活化作用。在 WC - Co₂₀ 硬质合金添加微量 P 元素后, 可在 1060 °C 的烧结温度下烧结成型。

(2) P 元素含量以 0.2% (质量比) 为最佳。

(3) 添加微量 P 元素的 WC - Co₂₀ 硬质合金与常规工艺烧结的硬质合金相比, 抗弯强度较低, 表明: 微量 P 元素的存在对胎体性能有一定的不良影响。用电子显微镜分析其内部结构发现, 胎体内部 P 元素偏析 (见图 1) 严重, 形成局部缺陷, 是影响胎体性能的主要原因。

表 1 Co 类硬质合金中添加微量 P 元素的试验结果

配 方	成分含量 /(质量比)			硬度 /HRA	抗弯 强度 /MPa	备 注
	WC	Co	P			
	YG20 - P0.1	79.9	20			
YG20 - P0.2	79.8	20	0.2	85.5	1389	烧结温度 1060°C, 其它条件相同
YG20 - P0.4	79.6	20	0.4	85.5	1260	
YG20	80	20		70	546	
YG20	80	20		85.5	2160	烧结温度 1380°C

2.2 WC - Co - Ni - P 硬质合金胎体材料的研究

为降低 P 元素偏析程度, 使其均匀分散于胎体内部, 消除局部缺陷, 用镍粉替代部分钴进行了试验, 结果见表 2。可以看出: 用 Ni 代替部分 Co 后, 在胎体硬度变化不大的情况下, 抗弯强度提高 44%, 接近常规硬质合金的水平。

表 2 Co - Ni - P 硬质合金胎体材料的试验结果

配 方	成分含量/(质量比)				硬度 /HRA	抗弯强度 /MPa
	WC	Co	Ni	P		
YG20 - P0.2	79.8	20		0.2	85.5	1389
YG12 - Ni8 - P0.2	79.8	12	8	0.2	83	2000

注: 烧结温度 1060°C, 其它条件相同。

用 Ni 代替部分 Co, 硬质合金胎体材料性能得到明显改善的原因如下 (1) 由于 Ni - P 的共晶温度为 880 °C, Ni 元素取代部分 Co 后, 基体内液相出现的温度降低, 液相流动提前发生, 使基体的致密化过程有充分的时间进行。合金化过程进行的时间相对延长, 胎体性能得到改善。(2) Ni 元素取代部分 Co 后, 使 P 化物在晶介的偏析程度降低, 分散更加均匀, 使性能得到改善。比较图 1 和图 2 可以发现, Ni - Co - P 合金的晶介偏析程度明显小于 Co - P 合金。



图 1 Co 98%、P 2% 合金电镜照片
百万数据

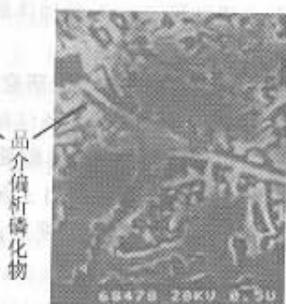


图 2 Co 58.8%、Ni 39.2%、P 2% 合金电镜照片

3 硬质合金胎体人造单晶金刚石复合体及钻头的试验研究

在硬质合金胎体材料配方研究的基础上, 用 YG12 - Ni8 - P0.2 硬质合金为胎体材料, 以 46 ~ 60 目的人造金刚石为耐磨材料, 在 1060 °C 烧结温度下, 采用常规热压工艺, 烧结成功人造单晶金刚石复合体 (结构简图见图 3), 并研制了硬质合金胎体人造单晶金刚石复合体钻头 (以下简称复合体钻头) 进行了现场试验, 钻头结构见图 4, 试验结果见表 3。

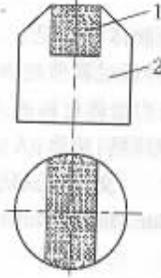


图 3 金刚石复合体结构简图
1—YG12 - Ni8 - P0.2 硬质合金为胎体材料; 2—YG12 - Ni8 - P0.2 硬质合金材料支撑体



图 4 硬质合金胎体人造单晶金刚石钻头

表 3 硬质合金胎体人造单晶金刚石复合体钻头的试验结果

钻头类型	平均 钻头 进尺 /m	平均机 械钻速 (m· h ⁻¹)	每米钻 头成本 (元· m ⁻¹)
复合体钻头	32.62	1.09	3.07
聚晶钻头 1	19.42	0.69	16.99
聚晶钻头 2	19.17	0.71	23.47
硬质合金钻头 3		0.7	8.33

注: 所列钻头均在同一井队, 同一区块, 相同井段使用。所钻地层为粗砂岩与细砂岩互层, 研磨性极强。

从表 3 可以看出:

(1) 采用 YG12 - Ni8 - P0.2 硬质合金为胎体材料的金刚石复合体钻头的进尺、平均机械钻速、每米钻头成本都优于其它类型的钻头, 表明: 以硬质合金为胎体材料的人造单晶金刚石复合体

4 结论

通过理论分析和现场试验, 可以得出如下结论:

(1) YG12 - Ni8 - P0.2 硬质合金胎体材料可以用做孕镶金刚石制品的胎体配方, 特别在一些研磨性极强的地层中使用, 可大幅度提高钻井速度、降低钻井成本。(2) YG12 - Ni8 - P0.2 硬质合金胎体材料可在 1060 °C 的烧结温度下烧结成型, 其各项性能指标均能满足使用要求。(3) 在 WC 类硬质合金中添加微量 P 元素, 可大幅度降低其烧结温度。在试验条件下, 硬质合金胎体材料中 P 元素的含量以 0.2% (质量比) 为最佳。(4) Ni 元素取代部分 Co, 可使 P 化物在晶介的偏析程度降低, 分散更加均匀, 使 WC 类硬质合金中性能得到明显改善。

参考文献:

[1] 李世忠, 等. 钻探工艺学 (上册) [M]. 北京: 地质出版社, 1989.
[2] 陈献庭. 硬质合金手册 [M]. 北京: 冶金工业出版社, 1986.
[3] 吉田邦彦. 硬质合金工具 [M]. 张超凡, 等译. 北京: 冶金工业出版社, 1987.