

矿山凿岩硬质合金低压热等静压处理^①

杨碧华 周建华 欧应龙

(中南工业大学粉末冶金厂, 长沙 410083)

摘 要 采用低压热等静压技术处理的矿山凿岩硬质合金得到无孔隙的组织结构, 其抗弯强度值提高 10%~15%, 硬度 HRA 提高 0.1~0.7, 密度值也明显提高。现场高风压凿岩试验表明其使用寿命较未经处理的同类合金提高了 1~2 倍。

关键词 硬质合金 矿山凿岩 低压热等静压

众所周知, 烧结硬质合金的一个严重弱点就是其结构中存在一定数量的孔隙和内部缺陷。这些孔隙和内部缺陷不仅会降低硬质合金的物理、力学性能, 而且往往成为使用中的断裂源。因此, 降低孔隙度和内部缺陷一直是硬质合金工作者要研究解决的问题。热等静压技术的应用, 可大幅度降低合金的孔隙度和内部缺陷, 使其具有最佳的密度和强度, 提高制品的使用寿命^[1-2]。为了提高产品质量, 进一步开拓市场, 本研究利用低压热等静压技术处理的矿山凿岩硬质合金有效地改善了合金物理、力学性能, 得到无孔隙的组织结构, 明显地提高使用寿命。

1 试验材料及方法

试验材料采用生产线所生产的常规 N307、N309、N309(非); YJ₁、YJ₂、YJ₁(非)、YJ₂(非)和 WC-6Co、WC-8Co 等压坯料, 在氢气排胶炉中排除成型剂, 并分别送入真空烧结炉和低压热等静压炉中烧结。

低压热等静压炉为德国 KCE 专用设备公司制造, 真空烧结炉为中南工业大学粉末冶金设备开发公司生产。所得抗弯试样用金刚石砂轮磨光, 按 GB3851-83 横向断裂强度标准进行

抗弯试验, 按 GB3849-83 标准进行 HRA 硬度试验, 按 GB3850-83 标准进行密度测定, 在 HCC-1 型矫顽磁力机上进行矫顽磁力测定, 用金相显微镜作微观结构分析。制成的 ZQ14mm×20mm 柱齿, 通过低压热等静压处理后进行现场凿岩试验。

2 试验结果

2.1 N 系列片状合金的低压热等静压试验

低压热等静压与真空烧结后的 N 系列合金产品性能见表 1、2, 微观组织见图 1~3。

通过低压热等静压处理的 N 系列合金抗弯强度值可提高 20% 左右, 硬度和密度也相应得到了提高。同时不同加压压力对 N309 合金的性能也有影响: 随着施加压力的增加, 其抗弯强度、硬度和密度均增加。从低倍组织看, 通过加压烧结的 N309 合金的孔隙度为 A00, 而真空烧结的 N309 合金孔隙度为 A04。N309 合金的高倍组织观察发现, 通过加压烧结合金中的 WC 晶粒度较均匀、致密、细小、颗粒更加圆滑。

2.2 YJ 系列片状合金的低压热等静压试验

低压热等静压与真空烧结的 YJ 系列合金产品性能见表 3。

这类 WC-Co 硬质合金通过加压烧结后,

① 收稿日期: 1996-12-02; 修回日期: 1997-01-12 杨碧华, 女, 39 岁, 工程师

虽然能不同程度地提高合金的抗弯强度、硬度和密度，但提高的幅度不及 WC-Ni/Co 硬质合金，特别是粗晶粒的 YJ₂ 合金抗弯强度值的提高不明显。而非均匀结构的 YJ₁ 合金由于有细晶粒 WC 粉的存在，抗弯强度值有明显提高，

表 1 真空烧结与低压热等静压烧结
产品性能对比

牌号	工艺条件		抗弯强度 /MPa	硬度 HRA	矫顽磁力 /kA·m ⁻¹	密度 /g·cm ⁻³
	温度 /℃	压力 /MPa				
N307	1450	10 ⁻⁵	2447.2	87.8	6.4	14.85
		6	2972.4	88.1	5.43	14.90
N309	1440	10 ⁻⁵	2437	87.6	4.13	14.68
		4	3122	88.2	4.57	14.73

表 2 不同加压压力对 N309
产品性能的影响

牌号	工艺条件		抗弯强度 /MPa	硬度 HRA	矫顽磁力 /kA·m ⁻¹	密度 /g·cm ⁻³
	温度 /℃	压力 /MPa				
N309	1480	4	2586	87.2	6.75	14.57
(非)	1480	6	3141	87.4	5.77	14.60

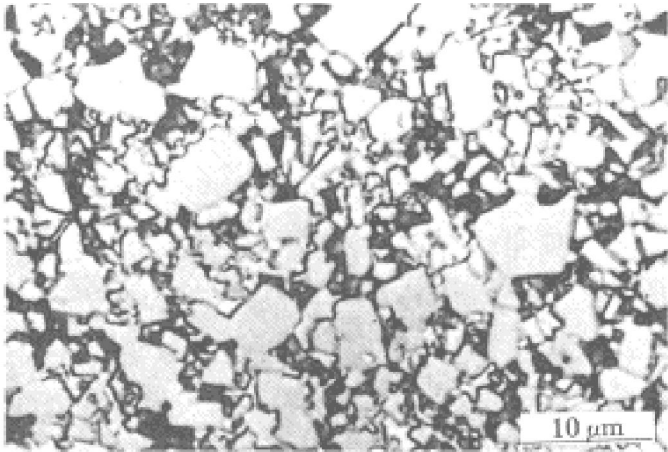


图 1 N309 真空烧结后微观组织

表 3 YJ 系列合金真空烧结与
低压热等静压烧结产品性能对比

牌号	工艺条件		抗弯强度 /MPa	硬度 HRA	矫顽磁力 /kA·m ⁻¹	密度 /g·cm ⁻³
	温度 /℃	压力 /MPa				
YJ ₂	1460	10 ⁻⁵	2498	87.9	7.56	14.73
		4	2570	88.0	8.11	14.75
YJ ₁ (非)	1450	10 ⁻⁵	2670	87.1	5.06	14.59
		6	2993	87.8	6.32	14.63

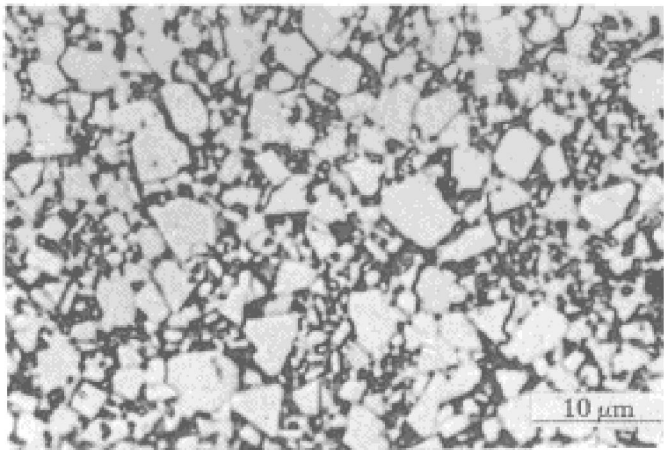


图 2 N309 低压热等静压处理后微观组织

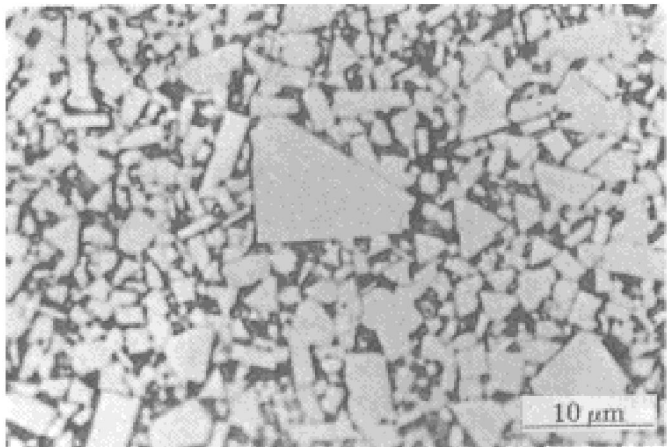


图 3 非均匀 YJ₁ 合金低压热等静压处理后微观组织

合金的微观组织也较完整、致密。

2.3 低钴柱齿合金的加压烧结试验

表 4 所示为 WC-6Co、WC-8Co 柱齿合金加压烧结后产品的性能。

对于低钴柱齿硬质合金，通过低压热等静压处理效果也十分明显，WC-6Co 合金的抗弯强度值可达到 3245MPa，硬度也较高，这种高综合性能的柱齿合金，使用性能必定能明显改善。

2.4 低压热等静压处理的 N309 合金线收缩量试验

在低压热等静压烧结炉自动测定烧结过程试样线收缩率见图 4，由图可知，合金分为真空状态烧结和热等静压两个阶段。在真空状态烧结阶段消除宏观孔隙，热等静压阶段消除显微孔隙，达到最终致密程度。

表 4 WC-6Co、WC-8Co 柱齿合金加压烧结
与真空烧结的性能试验结果

牌号	工艺条件		抗弯强度 /MPa	硬度 HRA	矫顽磁力 /kA·m ⁻¹	密度 /g·cm ⁻³	晶粒度 /μm
	温度 /℃	压力 /MPa					
WC-6Co	1450	10 ⁻⁵	2352	89.0	8.93	14.90	2.4
		6	3245	89.1	9.37	14.91	2.4
WC-8Co	1450	10 ⁻⁵	2390	89.3	10.21	14.70	1.6
		6	2532	89.4	10.55	14.72	1.6

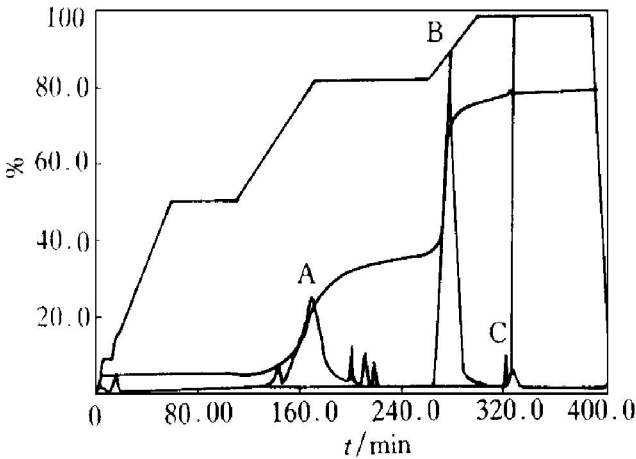


图 4 N309 合金热等静压处理试样线收缩量

3 结果分析

以镍代钴的 N 系列合金通过低压热等静压处理(见表 1、2,图 1、2)显示出了明显的效果。作为硬质合金的粘结剂,钴具有镍、铁不可比拟的综合性能,这里主要指钴对碳化物有良好的润湿性,钴粉比镍粉聚集和形成“熔池”的程度要小^[5],且钴粉比碳化物组成的合金具有较高的强度,换言之钴与碳化物有较高的粘结强度。可以认为:由于钴对碳化物的润湿性良好,润湿角为 0,因此,加压烧结对合金润湿性的改善并不明显。而对于以镍基为粘结相的 N 系列合金,通过液态加压烧结后,液态粘结相流动性增强,对碳化物相润湿性有所改善,提高了其粘结性能。同时,以镍基为粘结相的 N 系列合金通过在烧结温度下直接施加压力,不仅能消除残留孔隙度,而且可使“熔池”降到最低程度。

低压热等静压处理对提高低粘结相的

N307、YG6 合金的综合性能有明显的作用(见表 4) 低压热等静压处理不仅可以提高低钴合金的密度,而且能更显著地提高低钴粘结相合金的抗弯强度。一般说来,低粘结相烧结合金的微孔尺寸较大,数目较多,性能难以得到保证。通过低压热等静压处理可使孔隙消除,对合金的密度,特别是对其抗弯强度的提高更为明显。这样可降低粘结金属含量,提高合金耐磨性,使其韧性不下降。从而不仅可提高制品的使用寿命,还可节约昂贵的粘结相金属。

N309 合金低压热等静压烧结时试样线收缩率变化曲线如图 4 所示。图中出现了 3 个收缩率曲线峰,A 峰出现在烧结温度为 1200℃时的固相烧结中。由于粘结相的屈服点很低,因而在很小的外力作用下便会产生塑性流动,而粘结金属的流动能改变粉末颗粒之间的接触状况,使碳化物颗粒产生移动而靠拢;同时,由于粘结金属表面张力的作用,烧结体在 1200℃固相烧结时便发生相当大的收缩。B 峰出现在 1340℃液相烧结过程中,由于 WC 颗粒重排,溶解析出和形成骨架,烧结体发生大量收缩。在低压热等静压的真空状态烧结过程中,已消除了宏观孔隙。热等静压阶段开始消除显微孔隙,C 峰出现在加压开始阶段,随着压力的上升,粉末产生迅速收缩,使产品的显微孔隙得以消除。但随着保压时间延长,产品没有发现收缩的峰值^[3-4]。

4 现场凿岩效果

通过低压热等静压技术生产的 ZQ14 mm

× 22 mm 柱齿。由河北宣化英格索兰公司制成 DHD340A-15A 钎头, 委托陕西省水电工程局第二工程处三峡指挥部, 在三峡永久船闸南线开挖岩石场进行现场钻孔试验。现场岩石为伟晶质花岗岩, 岩石强度等级 $f = 12 \sim 15$ 级, 凿岩机型号: CM351 高风压露天潜孔钻车, 风压为 1.4~1.6 MPa。试验的两只钻头平均进尺为 738.6 m。与以往使用的国产钎头相比寿命提高 1~2 倍左右。用户反映所提供的 15A 型钎头无论是从生产率方面, 还是从钻孔进尺方面都较以往使用的钎头具有显著的优越性。

5 结论

(1) WC-Ni/Co 合金通过采用低压热等静压处理, 其性能优于真空烧结技术的同类产品。抗弯强度值可提高 20% 左右, 硬度、密度均有提高。

(2) 采用低压热等静压技术生产的 WC-Co 系列合金的综合性能也有一定程度的提高。

(3) 采用低压热等静压技术生产的 WC-

6Co 柱齿合金通过高风压现场凿岩试验证明, 其使用寿命明显提高。

(4) 低压热等静压过程中, 大部分收缩发生在真空烧结阶段, 加压阶段消除显微孔隙, 使烧结体完全致密。

注: N309(非)、YJ₁(非)、YJ₂(非) 为非均匀结构

N307 为 WC-7Ni/Co 合金;

N309 为 WC-9Ni/Co 合金;

YJ₁ 为 WC-9Co 合金;

YJ₂ 为 WC-8Co 合金

参考文献

- 1 李沐山. 80 年代世界硬质合金技术发展. 株洲: 硬质合金编辑部, 1992. 123-183.
- 2 王国栋. 硬质合金生产原理, 北京: 冶金工业出版社, 1990, 200-264.
- 3 马福康. 等静压技术. 北京: 冶金工业出版社, 1992, 174-177.
- 4 黄建民, 吕海波. 见: 第六次全国硬质合金学术会议论文集. 云南, 硬质合金编辑部, 1995, 151-155.
- 5 铃木寿. 粉体与粉末冶金, 1975, 6: 122.

TREATMENT OF LOW-PRESSURE HOT ISOSTATIC PRESSING (HIP) OF CEMENTED CARBIDE FOR ROCK DRILLING

Yang Bihua, Zhou Jianhua, Ou Yinglong

Powder Metallurgy Factory,

Central South University of Technology, Changsha 410083

ABSTRACT The rock drilling cemented carbides treated by low-pressure hot isostatic pressing (HIP) technique have been gained porous-free structure, whose bending strength is raised ten to fifteen percent, hardness HRA is raised 0.1~0.7, the density is also raised obviously. In addition drilling experiment carried out under 1.4~1.6 MPa pressurized air proved that the average drilling advance arrives 738.6 m per bit in pegmatic granite, which is one to two times higher than that of the original bit used under the same condition.

Key words cemented carbide rock drilling low-pressure hot isostatic pressing(HIP)

(编辑 黄劲松)