

文章编号: 1006 - 852X(2006)04 - 0081 - 04

国内外预合金粉末在金刚石工具中的应用

吕申峰 李 季 夏举学
(郑州磨料磨具磨削研究所, 郑州 450013)

摘 要 预合金粉末由于每个粉末颗粒都包含组成合金的各种金属元素,其共熔点比合金中单元素熔点低,因此预合金粉末具有成分均匀,烧结温度低等优点,从而引起了广泛的重视。本文介绍了金刚石工具用预合金粉末制造方法及特点,国内外预合金粉末产品性能及应用,在此基础上展望了未来预合金粉的发展趋势。

关键词 金刚石工具;预合金粉;应用

中图分类号 TQ164 **文献标识码** A

The application of the pre-alloyed powder in diamond tools

Lu Shen Feng Li Ji Xia Jv Xue

(Zhengzhou Research Institute for Abrasives & Grinding, Zhengzhou 450013, China)

Abstract Because the pre-alloy powders contains all the elements of the alloy in each particle, its melting point is lower than that of single element, therefore the pre-alloy powder has better homogeneity, low sintering temperature, thus was brought to the widespread attention. This paper introduced the producing method and characteristics of the pre-alloyed powder used in diamond tools, put emphasis upon analysis about the performance and application of the foreign pre-alloyed powder products, and the trends of the pre-alloyed powder were forecast.

Keywords diamond tools; pre-alloyed powder; application

1 引言

在金刚石工具业,胎体材料传统的做法是单元素金属粉末进行机械混合而获得,混合粉颗粒较粗,粉末表面易氧化,烧结活性差。这种方法获得的胎体烧结温度高,胎体成分不均匀,有时不能达到完全合金化。为克服上述缺点,提高金刚石工具胎体的性能,人们开始研究胎体粉末的预合金化问题。

自从二十世纪九十年代提出预合金粉概念以来,预合金粉在金刚石工具制造业的应用越来越广泛。目前,大多数金刚石锯片、取芯钻头等产品制造过程中,除了纯钴外,均使用相当比例的预合金粉,预合金粉已占据金刚石刀头(节块)所用金属粉市场的 25%,其应用领域不断拓宽。

2 预合金粉末制造方法及其优点

预合金粉末制造方法分为雾化法、湿法冶金法。

预合金粉末高压雾化法是按照设计好的胎体配

比,在烧结之前预先将各种成分的金属熔炼成合金,然后雾化喷粉,得到所需粒度的胎体粉末。雾化法可用水雾化或气体雾化,气体雾化可用空气、氮气或氩气等气体。气体雾化冷却速度快,粉末晶粒细、粉末收得率高、成本低。

湿法冶金方法是将金属离子在水中溶解,合金中的不同元素金属(如钴,铜,铁亚盐溶液)按正确的比例混合于溶液中形成金属盐,然后沉淀经还原而获得很细的金属合金粉末。

预合金粉末由于每个粉末颗粒都包含组成合金的各种金属元素,因此预合金粉成分均匀性相当好。由于其共熔点比合金中单元素熔点要低得多,烧结过程中,只要温度达到预合金粉末的液相线以上一点时,整个粘结金属成分的粉末熔化,所以预合金粉末烧结温度低。使用预合金粉末有以下显著优点:

1) 大大提高金刚石工具使用性能。由于预合金粉比机械混合粉末元素分布均匀,从根本上避免了成份偏析,使胎体组织均匀、性能趋于一致;预合金粉合

金化充分,使胎体具有高硬度和高冲击强度,可大大提高烧结制品的抗压、抗弯强度,提高对金刚石的把持力,增加金刚石工具的锋利度,延长工具的使用寿命。

2) 明显降低金刚石工具成本。由于预先合金化大大降低了烧结过程中金属原子的扩散所需的激活能,烧结性能好,烧结温度低,烧结时间缩短,这样一方面有利于避免金刚石高温损伤,另一方面可降低石墨模具用量与电能消耗;在切割性能相同的情况下,使用预合金粉可降低金刚石浓度 15%—20%,明显降低金刚石工具成本。

3) 便于产品质量控制。由于预合金粉各元素成分固定,从根本上避免了配混料过程中各种问题的产生,为产品质量的稳定提供了条件。

3 国外预合金粉末研究现状

国外主要有法国 Eurotungstene、德国 Dr Fritsch、比利时 Umicore 公司生产预合金粉,并以优异性能广泛应用于锯片钻头生产。

3.1 Eurotungstene 公司 NEXT、Keen 预合金粉

自 1997 年 Eurotungstene 开发出 NEXT 预合金粉末以来, Eurotungstene 不断拓宽 NEXT 预合金粉范围,相继推出 NEXT100、NEXT200、NEXT300、NEXT900。NEXT 系列是金刚石工具用代钴亚微米级预合金粉末。NEXT 系列预合金粉末主要性能如表 1。

表 1 NEXT 系列预合金粉末主要性能

主要成分	理论密度 (g/cm ³)	费氏粒度 (μm)	烧结温度 ($^{\circ}\text{C}$)	烧结压力 (kg/cm ²)	硬度 (HRB)
NexT100 Co Fe Cu	8.62	0.8~1.8	800~825	350	108~110
NexT200 Co Fe Cu	8.75	0.8~1.8	725~755	350	103
NexT300 Co Fe Cu	8.0	~6	750	350	98~100
NexT900 Co Fe Cu	8.08	3	/	/	/

据报道,2005 年 Eurotungstene 又推出 Keen 系列预合金粉,主要提高了胎体的韧性,使胎体硬度和韧性有更好地匹配,在胎体硬度增加时其韧性不变。Keen 系列预合金粉主要用于制造切割混凝土、沥青和硬度高磨蚀性强的石材如花岗岩的锯片和绳锯。Keen 系列预合金粉分为 Keen10、Keen20,其主要性能见表 2。

表 2 Keen10、Keen20 预合金粉主要性能

	理论密度 (g/cm ³)	氧含量 (% wt)	费氏粒度 (μm)	钴含量 (%)	烧结温度 ($^{\circ}\text{C}$)
Keen10	8.25	0.5	2.5	25	850
Keen20	8.47	0.3	2.5	19	975

3.2 Dr · Fritsch 公司预合金粉末

Dr Fritsch Diabase 系列预合金胎体粉末主要有 V15、V18、V21。Diabase—V21 是在 Diabase—V18 预合金粉基础上研究开发的,它具有更高的延展性,且冲击强度提高了近一倍。Diabase—V21 主要用作切割和钻切花岗岩及混凝土工具的胎体材料,实际使用过程中可单独使用也可添加一些适于特殊使用要求的元素混合使用,Diabase—V21 亦具有良好的激光焊接性。Diabase 系列预合金胎体粉末主要性能指标如表 3。

表 3 Diabase 系列预合金胎体粉末主要性能

主要成分	理论密度 (g/cm ³)	费氏粒度 (μm)	烧结温度 ($^{\circ}\text{C}$)	烧结压力 (kg/cm ²)	硬度 (HRB)
V15 Co Fe Cu	8.08	0.8~1.8	900	350	108~110
V18 Co Fe Cu	8.0~8.12	0.8~1.8	780~860	350	100~104
V21 Co Fe Cu	7.82~9.0	/	700~860	350	94~101

3.3 Umicore 公司 Cobalite 系列预合金粉末

为满足金刚石工具高性能建筑应用需求,Umicore 公司采用湿法冶金工艺,在 Cobalite 601 基础上研发出 Cobalite HDR 和 Cobalite CNF 预合金粉。Cobalite HDR (Co27%, Cu7%, Fe66%) 是一种快速切割状态下对金刚石具有极好把持力的高硬度、高韧性、高耐磨性的铁基粘结剂,具有良好的激光焊接性。Cobalite HDR 由于铜含量较低,通常不推荐无压烧结。无钴镍预合金粉 Cobalite CNF 由于不含 Co、Ni,所以在 675 $^{\circ}\text{C}$ 低温下即可烧结,是当前预合金粉末烧结温度最低的一种,具有优异的无压烧结性能,这就克服了钴粉在烧结(尤其是无压烧结)时温度非常高的缺点。Cobalite CNF 采用锡固溶强化,同时加入钨减少金属间化合物的形成并克服添加锡的负面影响,利用氧化物(Y_2O_3)弥散强化提高强化效果,因此烧结后的胎体具有较高的硬度和足够的韧性。Cobalite 系列预合金胎体粉末主要性能指标如表 4。

表 4 Cobalite 系列预合金胎体粉末主要性能

主要成分	理论密度 (g/cm ³)	费氏粒度 (μm)	烧结温度 ($^{\circ}\text{C}$)	硬度 (HRB)
Cobalite601 Co Fe Cu	8.18~8.20	4.9~5.0	750~850	98
CobaliteHDR Co Fe Cu	8.19	6~7	775~850	108
CobaliteCNF Co Fe Cu	8.18	1.4~2.7	675~875	/

4 国内预合金粉末研究现状

我国上海材料所、北京人工晶体所、长沙冶金材料所与中南工大粉冶所、有研粉末新材料有限公司、安泰科技股份有限公司、中国地质大学工程学院等在这方

面开展了工作。其中有研粉末新材料有限公司采用湿法冶金方法推出 YHJ 系列预合金粉,安泰科技股份有限公司采用高压水雾化法制取 Follow 系列预合金粉,已形成规模化工业生产,可批量供应。

4.1 有研粉末新材料有限公司 YHJ 系列预合金胎体粉末

有研粉末新材料有限公司采用湿法冶金方法推出的预合金粉分为 YHJ - 1、YHJ - 2。YHJ - 1 超细预合金粉末呈多孔团聚状,平均颗粒直径为 6 - 9 微米,比表面积高,粉末活性大,较低的烧结温度即可获得高的烧结硬度。热压烧结温度 750 - 900 时,硬度可达 HRB95 - 108。高的活性烧结特性同样有利于无压烧结,可代替金刚石切削工具中常用的钴粉。YHJ - 2 超细预合金粉末含稀土、不含钴镍,平均颗粒直径为 5 - 7 微米,粉末颗粒细小,粉末烧结活性大,烧结温度 750 ~ 880 即可达到高的胎体硬度。烧结温度 750 ~ 850 时产生最佳性质:密度 - 98%,硬度 94 - 108HRB,具有适应性广、成本较低的特点。YHJ 系列预合金胎体粉末主要性能指标如表 5。

表 5 YHJ 系列预合金胎体粉末主要性能指标

主要成分	理论密度 (g/cm ³)	平均粒径 (μm)	氢损 % max	烧结温度 ()	硬度 (HRB)
YHJ - 1 Co Fe Cu	8.3 ~ 8.4	6 ~ 9	0.5 ~ 0.9	750 ~ 900	95 ~ 108
YHJ - 2 Fe Cu W Re	8.1 ~ 8.3	5 ~ 7	0.6 ~ 1.0	750 ~ 850	94 ~ 108

4.2 安泰科技股份有限公司 Follow 系列预合金胎体粉末

安泰科技股份有限公司采用高压水雾化快冷技术,制取 Follow 系列预合金胎体粉末,该预合金粉末呈不规则状,压制性能好,成分均匀,烧结温度低。Follow 系列预合金胎体粉末主要性能指标如表 6。

表 6 Follow 系列预合金胎体粉末主要性能指标

主要成分	松装密度 (g/cm ³)	粒度	退火温度 ()	颜色	熔点 ()
Follow100 Cu基	3.9	- 200目	420	铁红色	/
Follow200 Cu基	3.2	- 200目	450	土黄色	940.3
Follow300 Fe基	3.0	- 200目	570	土灰色	891

5 预合金胎体粉末应用

众所周知, Eurotungstone 公司的 NEXT 及其预混合粉末已经用作所有金刚石工具产品的结合剂。其中 NEXT300 (Co25%、Fe72%、Cu3%) 具有低含铜量,高延展性和高冲击强度,热压烧结温度较低 (750),激光焊接后具有更好的抗弯强度,既可以作为激光焊接

金刚石干切工具的胎体材料,也可以作为过渡层材料,专用于激光焊接干切工具。NEXT900 主要成分为 Fe、Cu,属低钴含量预合金粉,在干切割及石材抛光方面具有尤其优异的性能,非常适合与传统添加物混合使用。Dr M. Bonneau 等研究了 NEXT 粉末在无压烧结时的行为和绳锯生产中的应用。在绳锯生产中应用无压烧结 + 热等静压烧结工艺,采用经过制粒的 NEXT 粉末作为生产串珠的原材料。在 200MPa 的压力下,双向压制生成坯环,其尺寸为:内径 8.56mm,外径 12.98mm。试样放在铝盘里作无压烧结,整个烧结过程在氢气保护的马弗炉内完成,升温速度保持 150 /h 直至烧成温度,在烧成温度保温 1h。由于 NEXT 可快速烧结,在较低的温度下,它比传统结合剂所得的密度要大,这可简化生产过程、降低生产成本。

Diabase—V21 主要用作切割和钻切花岗岩及混凝土工具的胎体材料,实际使用过程中可单独使用也可添加一些适于特殊使用要求的元素混合使用, Diabase—V21 亦具有良好的激光焊接性。

Cobalite HDR 主要用于高性能建筑应用,如地板锯切、墙锯和钢筋混凝土及沥青的取芯钻,以代替传统的含 WC 的钴基粘结剂。用 Cobalite HDR 作胎体制造的高性能金刚石工具可在保证工具寿命前提下快速切割、磨削和钻切钢筋混凝土及沥青。Clark I E Kamphuis B J 分别用纯 Cobalite HDR 和工业标准成分制成的直径 400 mm 金刚石锯片进行了湿切割钢筋混凝土 B35 的试验,结果显示,相对工业标准成分制成的锯片, Cobalite HDR 锯片寿命提高了 40%,切割速度提高了 50%。

安泰科技股份有限公司徐浩翔等用 Follow 系列预合金粉末制成的金刚石锯片,切割性能优异,可切中硬花岗岩品板 500m²,中硬花岗岩荒料 250 m²以上,试验对比见表 7。

表 7 Follow 系列预合金制品试验对比结果

	Follow100	Follow200	Follow300
锯片直径 mm	∅350	∅350	∅1600
刀头尺寸 mm	40 ×3 ×(4+2)	40 ×3 ×(4+2)	24 ×8.8 ×12
金刚石含量	20% (SMD40/50)	20% (SMD40/50)	40% (SMD ₂₅ 40/50) 五层三明治刀头
切割石材	中软花岗岩	中硬花岗岩	中硬花岗岩
使用说明	出韧锋利 可切品板 400 m ²	出韧锋利 可切品板 500 m ²	耐磨锋利 可切荒料 250 m ²
其他厂家锯片对比 (混合粉末胎体)	400 m ² (刀头金 刚石层 6mm)	400 m ² (刀头金 刚石层 6mm)	130 ~ 150m ² (刀 头尺寸和本试验 相同)

北京有色金属研究总院宋月清等采用 TT15#预合金粉末制备的 $\varnothing 1600$ 金刚石锯片在福建南安获得了较好的效果,切割 635#花岗岩速度 $1\text{m}^2/\text{h}$, 寿命为 285m^2 /片,切割过程中发现,与普通锯片相比,切割阻力小,金刚石出露高,几乎没有金刚石脱落,板材切割平整度好,在工作层高度 8 mm 情况下,达到了普通锯片工作层高度 10mm 普通锯片的水平;在山东威海某石材厂切割 380#花岗岩,速度 $1.5\text{m}^2/\text{h}$, 寿命为 281m^2 /片,寿命与其他锯片持平,但速度提高了 30 ~ 40%。

中国地质大学工程学院张绍和等已生产过几百个预合金粉末胎体钻头,在全国许多地方进行过使用,使用结果均比较理想,例如:(1)鞍山某单位钻进硬脆碎岩层,使用预合金粉末胎体钻头,钻头平均寿命为 41.1 米,平均时效为 2.04 米/小时,分别比其他单位钻头平均寿命的 20 米提高了 105.5%,平均时效提高了 45.7%。(2)华东某单位在钻进流纹岩中,使用单粉配制的非预合金粉末胎体钻头的平均寿命为 30.5 米,平均时效为 1.8 为小时;而使用预合金粉末胎体钻头,其平均寿命为 60.7 米,平均时效为 2.6 为小时,分别提高了 99%和 45%。(3)成都某水电院在钻进砂卵石层中,使用非预合金粉末胎体钻头钻进的寿命为 25 米,平均时效为 1.6 为小时;而使用预合金粉末胎体钻头,其平均寿命为 50 米,平均时效为 2.3 为小时,分别提高了 100%和 43.8%。

四川惠利公司、广州晶体公司采用预合金粉末,使锯片的锋利度明显提高,满足了国外市场的需要。

6 展望

综上所述,目前预合金粉产品在国内外已经商品化,基本可以满足各种应用需求,其应用范围不断扩大,都取得了较好的效果。利用预合金粉的低熔点和成分均匀性,调整和控制金刚石工具的胎体性能,具有巨大的应用前景。由于具有效率高、热影响区小、焊缝强度高显著优点,激光焊接已广泛应用于金刚石工具制造业,采用预合金粉作为过渡层可以显著提高激光焊缝强度和消除焊接缺陷。预合金粉还将向标准化、预合金化元素多样化、更低含钴量及能与多种添加物混合使用方向发展,这是因为金刚石工具加工对象

越来越复杂,对工具特殊性能要求越来越高,预合金化元素多样化及能与多种添加物混合使用可解决上述问题。可以预见,预合金粉在金刚石工具制造业将得到更加广泛的应用,金刚石工具的使用性能会进一步提高。

参考文献

- Keen $\frac{3}{2}$ a new concept prealloyed powders[J]. DR 2005 (3)
- 蔡方寒,唐霞辉,秦应雄等. 金刚石工具用预合金粉末的研究动态[J]. 金刚石与磨料磨具工程, 2004 (5): 77 ~ 80
- Jean - Philippe Jourdan The next move for Eurotungstene [J]. DR, 2001 (4)
- Bertjan Kamphuis, Anja Semeels Cobalite and nickel free bond Powder for diamond tools Cobalite CNF [J]. DR 2004 (1): 26 ~ 32
- 宋月清,甘长炎,夏志华等. 预合金粉末在金刚石工具中的应用研究 [J]. 金刚石与磨料磨具工程, 1997 (1): 2 ~ 7
- 徐浩翔,麻洪秋,罗锡裕等. 雾化预合金胎体粉末的制备及其在金刚石工具中的应用 [J]. 金刚石与磨料磨具工程, 2004 (1): 45 ~ 48
- 姜荣超. 技术创新在金刚石制品业中的重大作用 (上) [J]. 超硬材料工程, 2005 (1): 5 ~ 8
- 姜荣超,陶洪高,尹育航,等. 进一步提高我国金刚石工具质量的有效途径 [J]. 金刚石与磨料磨具工程, 2001 (4): 17 ~ 20
- 姜荣超. 降低金刚石工具成本,积极开辟国际市场 [J]. 金刚石与磨料磨具工程, 2002 (6): 33 ~ 36
- 张绍和,杨凯华. 金刚石工具预合金胎体粉末制备技术,金刚石与磨料磨具工程, 2001 (2): 26 ~ 29
- Bonneau M, Moltenni M Wire manufacturing and free sintering with NEXT [J]. DR, 2002 (4)
- Metal sintering powders for tool manufacture [J]. DR, 2001 (1)
- Clark I E, Kamphuis B J. Cobalite HDR - a new prealloyed matrix powder for diamond construction tools [J]. DR, 2002 (3)
- 宋月清. 添加剂对预合金粉末胎体性能及其金刚石工具使用效果的影响 [J]. 粉末冶金技术, 1997 (4)
- 李岳. 金刚石制品胎体金属的预合金粉末 [J]. 西部探矿工程 [J], 1996 (6): 72 ~ 74

作者简介

吕申峰,男,1965年生,郑州磨料磨具磨削研究所高级工程师,主要从事磨料磨具专用设备的开发工作。

收稿日期:2006-3-20

(编辑:王孝琪)