

G308、YJ2.1R 硬质合金在复合钎头上的应用

张汉斌,童志伟,张国樑

(中国地质大学 武汉 掘进工程研究所 湖北 武汉 430074)

摘 要 介绍了 G308、YJ2.1R 新型凿岩硬质合金的物理机械性能,并就镶嵌该 2 种硬质合金的飞龙 $\varnothing 40$ 、 $\varnothing 42-4\text{PIC}$ 锥体连接复合钎头,与我国目前广泛流行的镶 YG11C 硬质合金片的 $\varnothing 40$ 、 42 mm “一”字形钎头在同一场地进行了对比应用。

关键词 复合钎头 G308 硬质合金 YJ2.1R 硬质合金 使用寿命 合金有效利用率

中图分类号 TP633.1 文献标识码 A 文章编号 1000-3746(2002)02-0024-04

Application of G308 and YJ2.1R Cemented Carbides on Composite Bore Bits/ZHANG Han-bin, TONG Zhi-wei, ZHANG Guo-ju (China University of Geosciences, Wuhan Hubei 430074, China)

Abstract :“FLYING GRAGON” $\varnothing 40$ and $\varnothing 42-4\text{PIC}$ insert and button composite-type bits develop the strong points and avoid the weak points of traditional insert and button bits. When it is used with new G308, YJ2.1R cemented carbide for rock drilling tools which are extremely toughness, its service life is three times as much as the chisel bits of YG11C insert which now are used widely in our country. It retains remarkable characteristics of high drilling speed and low consumption and will replace other bits.

Key words :insert and button composite type tapered bits; G308 cemented carbide; YJ2.1R cemented carbide; service life; utilization ratio of the inserts and buttons

直到 20 世纪 70 年代末,普遍使用的凿岩硬质合金牌号大多还为高钴的 YG15、YG11C。随着现代凿岩技术和凿岩设备的发展,这些牌号的硬质合金因耐磨性差、使用寿命短而不敷需要。进入 70 年代中期尤其是改革开放以来,由中南矿冶学院、株洲硬质合金厂、自贡硬质合金厂等单位,先后研发了 YJ1、YK25、YK20、YG9C、YJ2、YK05 等低钴粗晶粒和非均匀硬质相的新牌号凿岩硬质合金,其钴含量在 6%~10% 之间。由于粉末冶金工艺和硬质合金凿岩钎具技术的不断创新,这些新牌号硬质合金片齿兼有高钴硬质合金的高韧性和低钴硬质合金的高耐磨性,把我国凿岩硬质合金和凿岩钎具的质量、品种提高到了一个崭新的水平。近几年来,面对世界经济全球化的挑战和我国加入 WTO 的新形势,我国硬质合金凿岩钎具界的广大同仁更是通力合作,在“加压烧结”、“梯度硬质合金”、“SBP 成型剂”、“一步法”制粉(Co 、 Ni 、 Fe)、N 系列硬质合金、纳米硬质合金、真空热处理和 G308、YJ2.1R 硬质合金等新工

艺、新材料和新型高性能凿岩硬质合金、新型凿岩钎具的研发方面,涌现出了一大批追踪本行业技术前沿的创新成果。本文介绍 G308、YJ2.1R 新型凿岩硬质合金的最新进展情况。

1 硬质合金钎头的发展历程及复合钎头特点

从 1938 年首批“一”字型钎头在德国问世以来,硬质合金钎头已经历了刀片状钎头、球齿钎头和复合钎头等 3 个发展阶段。这 3 大系列钎头适应生产的不断发展,在许多方面实现了优势互补。

1.1 刀片状钎头

传统刀片状系列钎头的外貌见图 1,其硬质合金钎刃呈放射性分布,刃锋尖锐,钎刃工作时承受压应力,钎刃外侧与眼孔壁岩石直接接触,钎刃与钎头钢体焊接成为整体,钎刃磨钝后可多次重复修磨使用。其优点是(1)整体坚固性好,可钻凿任何种类岩石;(2)缩径慢,全磨次寿命长(约为同直径球齿钎头寿命的 1.5 倍);(3)硬质合金利用率较高(可达

收稿日期 2001-10-16;改回日期 2002-01-18

基金项目 原地矿部重点地质科技项目“岩土工程施工新技术、新工具材料与新装备研究”

作者简介 张汉斌(1969-),男(汉族),四川营山人,中国地质大学(武汉)掘进工程研究所飞龙钎具厂常务副厂长兼总工程师,探矿工程专业,从事冲击式凿岩钎具的研制和新产品开发、推广及钎具产业的建设和管理工作,湖北省武汉市鲁磨路 31 号(027)87803752, Feilon@cug.edu.cn 童志伟(1964-),女(汉族),江苏太兴人,中国地质大学(武汉)副教授,地质工程专业,博士在读,从事凿岩和土木工程教学与科研工作 张国樑(1936-),男(汉族),四川营山人,中国地质大学(武汉)研究员,博士生导师,探矿工程专业,从事凿岩爆破工程和掘进工程的教学与科研工作。万方数据

50%左右),硬质合金片残留刃高可降至 8 mm 以下,且可方便地回收利用。其缺点是(1)最大直径受限(“一”字、三刃型直径 ≤ 45 mm;“十”字型直径 ≤ 64 mm;X形直径 ≤ 89 mm)(2)钎刀受力与磨损不均,磨次寿命较低(约为球齿钎头不磨寿命的 1/4~1/8),修磨频繁,重磨费用较高。

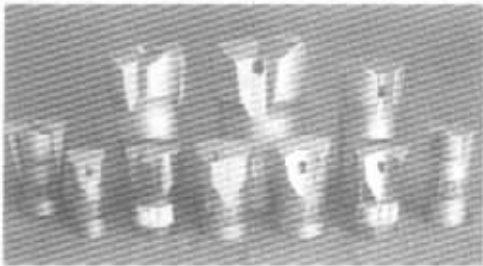


图1 飞龙 $\Phi 32\sim 89$ mm 刀片状系列钎头
(“一”字、三刃、“十”字、X形)

1.2 球齿钎头

1970 年前后,伴随液压凿岩钻车凿岩而兴起的球齿系列钎头(见图 2),半球形或弹头形齿冠的硬质合金柱齿,一般采用过盈固齿或“沉底式感应钎焊固齿”的方法,均衡地固结在钎头钢体的端部。其优点是(1)齿冠钝化缓慢,通常作一次性使用,不需要中途更换和修磨钎头,有利于加快工程进度和减轻工人劳动强度(2)钎头最大直径不受限制,可方便地生产直径 > 89 mm 的钎头。其缺点是(1)不适应单轴抗压强度 ≥ 350 MPa 的极坚韧矿岩(2)带有 $15^{\circ}\sim 45^{\circ}$ 外倾角的边齿承受弯曲应力,容易发生边齿碎脱(3)钎头边齿外侧钢体直接接触眼孔壁岩石,抗径向磨损能力差(4)使用寿命较短,一般约为片状钎头的 2/3,为复合钎头的 1/2~1/3(5)硬质合金严重浪费,其有效利用率仅为 10%~15%。



图2 飞龙 $\Phi 36\sim 127$ mm 球齿系列钎头

1.3 复合钎头

1996 年,中国地质大学(武汉)发明的复合片齿系列钎头(中国专利号:ZL96203054.6),其外貌见图 3。复合钎头保存并发扬了刀片状和球齿系列钎头的优点,同时又巧妙地避开了它们各自的缺点。其特点是(1)整体坚固性好,边刃与中齿均承受压应力,刃锋尖锐,可钻凿任何种类岩石(2)众多边刃外侧直接接触眼孔壁岩石,抗径向磨损能力强,几何

形状稳定(3)边刃和中齿受力与磨损均匀,钝化周期较长(可达球齿钎头寿命的 1/2~1/3)(4)钎头直径不受限制(5)边刃可用小规格砂轮修复,且硬质合金磨削量小,故重磨费用较低(6)使用寿命长,约为同直径刀片状或球齿钎头寿命的 2~3 倍(7)硬质合金有效利用率高(可达 60%左右),且残留刃齿可方便地回收。



图3 飞龙 $\Phi 36\sim 127$ mm 复合片齿系列钎头

2 YJ 系列凿岩硬质合金

具有低钴粗晶粒非均匀结构的 YJ 系列凿岩硬质合金,曾获得国家银牌奖。其成分、组织结构及主要物理机械性能见表 1。

表1 YJ 系列凿岩硬质合金物理机械性能

参数	硬质合金牌号			
	YJ0	YJ1	YJ2	YJ3
钴含量/%	11.0~11.5	9.0~9.5	8.0~8.5	7.0~7.5
WC 平均晶粒度/ μm	2.0~2.4	2.4~2.8	2.8~3.2	3.2~4.0
抗弯强度/MPa	2300	2200	2100	2000
	特级 2700	特级 2600	特级 2500	特级 2400
断裂韧性(KIC) $(\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2})$	17.1	16.7	16.1	15.9
硬度(HRA)	86.6	87.0	87.5	88.0
	特级 87.1	特级 87.5	特级 87.7	特级 88.2
密度 $(\text{g}\cdot\text{cm}^{-3})$	14.2~14.7	14.4~14.9	14.5~15.0	14.7~15.0
体积孔隙率/%	≤ 0.1	≤ 0.1	≤ 0.1	≤ 0.1
石墨夹杂(体积)%	≤ 0.1	≤ 0.1	≤ 0.1	≤ 0.1
断口组织缺陷/mm	≤ 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05

3 新型 G308、YJ2.1R 凿岩硬质合金

3.1 G308、YJ2.1R 凿岩硬质合金的研发措施

为了确保不降低硬质合金抗冲击能力的前提下,进一步提高 YJ 系列硬质合金的耐磨性,经过近几年的探索,我们通过下述 5 项措施,研发成功了 G308、YJ2.1R 新牌号凿岩硬质合金。

(1)自行设计、制造了温度场更加均匀的新型四管还原炉,采用高温还原工艺生产出了粒度均匀的优质 W 粉。

(2)采用高温碳化工艺生产出了晶粒均匀、晶内亚晶尺寸粗大、尽可能消除了碳原子空位具有饱和

碳(化合碳达 6.12% 以上)的高纯度 WC 粉。

(3)通过改进球磨和烧结工艺制度 ,严格控制 G308 硬质合金 WC 晶粒度为 1.8 ~ 2.2 μm , YJ2.1R 硬质合金 WC 晶粒度为 2.0 ~ 2.4 μm ,且组织结构均匀致密。

(4)通过改造排胶设备和调整排胶制度防止了渗脱碳 ,使每炉硬质合金的碳含量趋于一致。

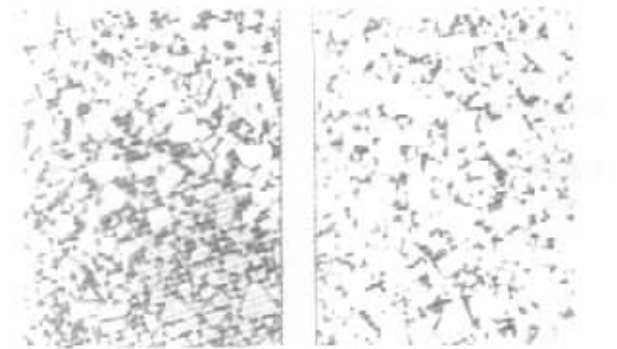
(5)采用先进的“ 真空 - 气淬 ”工艺 ,使 G308、YJ2.1R 与未经处理的 YJ2.1 硬质合金相比 ,抗弯强度提高了 10% ~ 15% ,洛氏硬度提高 0.1 ~ 0.3 度。

3.2 G308、YJ2.1R 凿岩硬质合金的组分、物理机械性能及金相分析

G308、YJ2.1R 硬质合金的成分、组织结构和主要物理机械性能及金相组织见表 2 和图 4。

表 2 G308、YJ2.1R 硬质合金的物理机械性能

参数	硬质合金牌号		
	YG308	YJ2.1R	YJ2.1
钴含量 / %	8.0 ~ 8.5	8.0 ~ 8.5	8.0 ~ 8.5
WC 平均晶粒度 / μm	1.8 ~ 2.2	2.0 ~ 2.4	2.0 ~ 2.4
抗弯强度 / MPa	2801	2984	2668
硬度(HRA)	89.2	88.6	88.3
密度 / (g · cm ⁻³)	14.74	14.74	14.74
矫顽磁力 / (kA · m ⁻¹)	8.72	7.54	7.87



G308、WC 平均晶粒度 2.01 μm YJ2.1R、WC 平均晶粒度 2.28 μm

图 4 G308 和 YJ2.1R 硬质合金的金相组织

根据物理机械性能检测和金相分析 ,我们认为 G308、YJ2.1R 硬质合金耐磨性与强度均较同类 YJ2 硬质合金有较大幅度提高 ,其原因是 :

(1)在 Co 含量相同的条件下 ,降低 WC 平均晶粒度有利于减少 WC 晶粒之间的邻接度。同时 ,较均匀细小的 WC 晶粒 ,因不含粗大 WC 并易确保粘结相 Co 在 WC 晶粒间的均匀分布 ,可有效防止 Co 池的出现 ,减少硬质合金中显微孔隙的产生 ,这都促使硬质合金的硬度与耐磨性得到提高。

(2)真空 - 气淬“ 热处理工艺对硬质合金发挥了强韧化作用 ,使其强度与硬度均有所提高。其强

韧化机理是 :①利用硬质合金粘结相 Co 的同素异形体发生多形性转变这一特点 ,通过“ 真空 - 气淬 ”方法 ,使韧性较大的高温相 a - Co 有更多保留 ,从而提高硬质合金的韧性和抗弯强度 ;②通过 a - Co 相在高温下固溶 W 和 C 所形成的中间相粒子 ,快速冷却时来不及析出造成点阵畸变而发生弥散强化作用 ,使硬质合金的硬度提高 ;③硬质合金气淬后再经一定温度回火 ,淬火的过饱和空位会移到晶界、位错等处消失 ,可使硬质合金的点阵畸变减少 ,高应力区得到松弛。微观应力的减小 ,也有助于抗弯强度的提高。

4 Ø42 - 4PIC 复合钎头与 G308、YJ2.1R 硬质合金的使用效果

为了综合考核 G308、YJ2.1R 两种硬质合金和飞龙 Ø42 - 4PIC(楔形中齿)复合钎头对各种凿岩条件的适应性 ,我们于 2001 年 7 ~ 10 月在湖北纸坊八分山极坚硬强磨蚀性石英露天采石场(采用干式凿岩的苛刻条件) ,与我国目前仍广泛使用的 Ø40 mm“ 一 ”字形钎头一起 ,进行了工况对比试验。

(1)岩石性质 :石英岩 ,坚硬致密 ,块状 ,SiO₂ 含量为 98% ,具强磨蚀性 ,普氏坚固性系数 $f = 16 \sim 18$ 。

(2)凿岩条件 :天水 YT - 24 型支腿式凿岩机 ,冲击功 ≥ 58.8 J ,冲击频率 ≥ 1800 次 / min ,工作风压 0.5 ~ 0.6 MPa ,贵阳 H22 - ZK55SiMnMo 锥体连接钎杆 ,长 1200、2200、3000、4000 mm ;干式凿岩 :DY - I 型卸钎器卸钎 ,0.75 kW 小型砂轮机 ,用 Ø250 mm × 32 mm 46 ~ 60 目绿色碳化硅砂轮(平砂轮或带 129° 锥角的成型砂轮)干式修磨。

试钻结果详见图 5 和表 3。

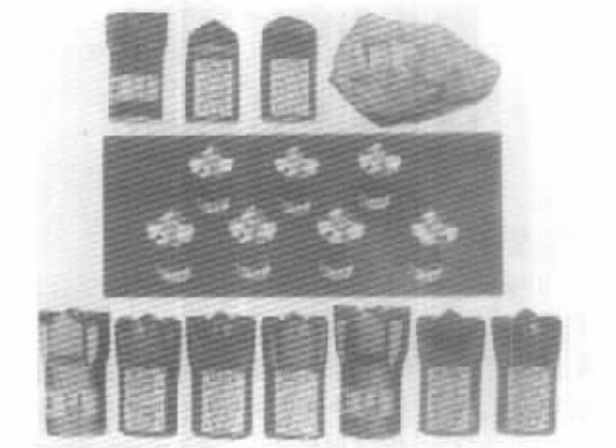


图 5 飞龙 Ø40“ 一 ”字(YG11C)和 Ø42 - 4PIC(YJ2.1R、YG308 边刃)复合钎头工况比较

表 3 飞龙 Ø40' — '字形钎头(YG11C)和 Ø42 — 4PIC(YJ2.1R、YG308 边刃)复合钎头的使用效果对比

钎头类型	硬质合金牌号 (尺寸/mm)	平均寿命 〔 总进尺(m) /磨次数〕	平均磨次进尺 ($\text{m} \cdot \text{次}^{-1}$)	终径 /mm	残留刃高 /mm	单位进尺径耗 ($\text{mm} \cdot \text{m}^{-1}$)	平均磨次刃耗 ($\text{mm} \cdot \text{次}^{-1}$)	报废形式
Ø40 马蹄' — '字形 (Ø40.3 mm)	YG11C (40×9×14)	4.96/4	1.24	36.9	中 8.9 边 5.5	0.69	2.10	直径、刃高 正常报废
Ø42 — 4PIC 复合形 (Ø42.3 mm)	YJ2.1R (13×9×14)	17.85/10	1.79	38.6	7.2	0.21	0.71	工作正常， 可持续用
Ø42 — 4PIC 复合形 (Ø42.4 mm)	YG308 (13×9×14)	23.48/7.3	3.22	39.1	10.4	0.14	0.53	工作正常， 可持续用

5 结论

(1) — '字形钎头在坚硬的强磨蚀性岩石中 , 几何形状不稳定(圆柱化变形和刃弧半径缩小很快) , 钎刃磨损不均匀(边缘刃尖锐化快) , 直径和刃高收缩很快 , 大量硬质合金在砂轮上被磨削掉 , 造成使用寿命很短、钻速慢、更换钎头频繁、砂轮消耗量大、硬质合金有效利用率很低等。在瑞典、加拿大等工业发达国家 , 以及 Atlas Copco , Sandivk , Secoroc , Boart Europe , Kometa 等跨国钎具公司的产品目录中 , “ — '字形钎头早已被“ + ”字、球齿钎头所取代。在我国 , 伴随加入 WTO 和市场竞争的加剧 , 生产必然会由粗放型向集约型发展 , “ — '字形钎头也必将逐步被三刃、“ + ”字、球齿和复合系列钎头所取代。

(2)在坚硬的磨蚀性岩石中 , 镶有 YJ2.1R、G308 硬质合金边刃和楔形中齿的飞龙 Ø42 — 4PIC (楔) 形锥体连接复合钎头 , 其使用寿命可达一般镶有 YG11C 硬质合金片 Ø40、42 mm 的“ — '字形钎头寿命的 3 倍以上 , 且其磨次进尺(重磨周期) 为“ — '字形钎头的 2~3 倍 , 而其内销价格仅为“ — '字

形钎头的 1.3 倍左右。因此 , 锥体连接复合钎头具有良好的推广前景 , 是我国锥体连接钎头目前最为优秀的换代产品之一。

(3) 凿岩硬质合金“ 真空 — 气淬 ”工艺 , 可以在不降低甚至同时提高(通过更多保留高温 $\alpha - \text{Co}$ 韧性相) 硬质合金韧性(抗弯强度) 的同时 , 较大幅度地提高(通过降低 WC 平均晶粒度和 WC 粒子在粘结相中的弥散强化作用) 硬质合金的耐磨性(硬度) 。以 YJ2.1R 硬质合金为例 , 它比未经处理的 YJ2 硬质合金抗弯强度提高了约 15% , HRA 硬度值提高了 0.5 度以上。

(4) G308 硬质合金具有足够的韧性和更佳的耐磨性 , 可用于各种坚硬的强磨蚀性脆性岩石 ; YJ2.1R 硬质合金具有足够的耐磨性和最好的韧性 , 适用于各种坚韧的岩石。

参考文献 :

[1] Q/OHPB 001—91 , YJ 系列矿山凿岩硬质合金企业标准[S] 。
[2] 张国样 , 张汉斌. 硬质合金复合片齿钎具[M] . 武汉 : 中国地质大学出版社 , 1997 .
[3] 铃木寿. 超硬合金与烧结硬质材料[M] . 东京 : 丸善株式会社 , 1986 .



深圳市今后 5 年斥资 200 亿元修路

5 年斥资 200 亿元修路 , 相关工程包括皇岗路改造、香蜜湖路建设等近百项。

深圳市交通局负责人日前透露 , 今后 5 年内 , 全市将投资 200 亿元左右建设近百项公路工程 , 到“ 十五 ”计划末期 , 全市公路总里程将达到 1750 km , 公路网密度约为 86 km/(100 km²) 。

深圳市交通局负责人表示 , “ 十五 ”期间 , 深圳将坚持以交通运输适度超前经济和社会发展为原则 , 以提高社会效益和经济效益为中心 , 配合金融业、高新技术产业和物流业三大支柱产业的发展 , 以国际港口、国际机场建设为先导 , 把深圳市交通运输建设成为符合国际惯例的综合交通运输体系和立体运输网 , 加强与香港及珠江三角洲地区运输体系的衔接 , 形成面向国际、国内两个扇面的交通枢纽 , 为建设国际性城市、区域中心城市、花园式园林城市提供运行高效、资源节约的现代化交通运输服务。

据这位负责人介绍 , 今后 5 年内 , 在近百项公路工程中重点规划的公路建设项目在特区内的有 53 项 , 包括北起北环大道、南达滨河大道的皇岗路改造工程 , 南起深南大道、北达北环路的香蜜湖路等等 , 总投资达 73.8 亿元。在特区外 , 宝安区将续建总长 32 km , 宽 100 m 的快速干道新城大道 , 仅此一项投资就达 32 亿元 , 龙岗区将建成清平快速路、坂田片区布吉至观澜路段等项目。

另外 , 高速公路建设项目包括盐坝高速公路第二期、深港西部通道大桥、惠盐高速公路工程、广深高速公路改造工程、盐排高速公路 ; 其它公路建设包括改造工程总投资约 10 亿元 , 总里程 150 km , 达到一级公路标准的约 80 km , 二级公路标准的约 37 km。除高速公路之外还将修建 4 km 明澜观光公路、龙岗区坪山公路以及由香蜜湖路北接留仙大道 , 总长 5.3 km 的香梅公路。

(据 中国公路网)