

弱包镶金刚石钻头钻进坚硬致密岩层的研究

杨凯华, 杨昌锐, 张绍和

(中国地质大学(武汉), 湖北 武汉 430074)

摘 要: 坚硬致密弱研磨性岩层虽然所占比例不大, 但由于“打滑”现象发生, 却给钻进带来极大困难, 钻孔施工周期延长, 勘探成本增高。弱包镶金刚石钻头的研制成功, 从根本上解决了“打滑”岩层钻进难的问题, 钻进时效显著提高, 钻头使用寿命有一定延长。

关键词: 坚硬致密弱研磨性岩层; 弱包镶; 金刚石钻头; 粘结剂

中图分类号: P634.4*1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3476(2001)S1-0251-02

1 钻进坚硬致密弱研磨性岩层存在的问题

坚硬致密弱研磨性岩层的特征是岩石的压入硬度大($> 5000 \text{ MPa}$)。这类岩石的造岩矿物之间多由硅质胶结, 结合力大, 不仅岩石表面硬度大而且整体强度高, 单轴抗压强度 $> 150 \text{ MPa}$ 。这类岩石的成分主要是石英和长石, 不仅颗粒细($0.01 \sim 0.02 \text{ mm}$), 而且均匀度高。因此, 整个岩石表现为坚硬、致密, 金刚石难以切入岩石, 出刃的金刚石在大的钻压条件下很快被钝化, 被破裂, 新的金刚石难以出刃, 钻头唇面光滑, 与岩石的摩擦系数小, 于是出现钻进中的“打滑”现象, 钻进时效极低。

为了达到金刚石具有较好的出刃自锐能力, 传统的解决办法是要求金刚石钻头的胎体硬度亦不能高, 耐磨性不能强。而钻进“打滑”岩层应采用软胎体。但是, 实践证明, 采用软胎体金刚石钻头, 金刚石出刃效果仍然不好, 软胎体并不能有效地解决“打滑”岩层的钻进问题。

2 弱包镶金刚石钻头设计

2.1 思路

由于在坚硬致密弱研磨性岩石中钻进时, 金刚石出刃与切入岩石困难, 钻进时效极低, 岩粉量少且颗粒极细, 因而对金刚石钻头胎体的磨损甚微, 致使金刚石难以从胎体中出刃。因此, 解决钻进中的“打滑”现象, 其一是要解决金刚石出刃, 并有效地切入岩石; 其二是要让钻头胎体表面粗糙, 增大同岩石的摩擦, 使胎体能超前磨损。为此, 设计一种弱包镶金刚石钻头, 用以解决在坚硬致密弱研磨性岩石中的有效钻进问题。

弱包镶是指金刚石颗粒在钻头胎体合金内包镶的牢固程度较弱, 相对地说, 在钻进过程中, 金刚石颗粒较易从胎体中脱落, 因而金刚石钻头的胎体磨损较快, 金刚石的出刃与自锐能力较强。

弱包镶即采用一定的工艺技术, 在金刚石表面涂覆上一层薄膜层, 该膜层具有一定强度, 有较好的化学稳定性。膜层与金刚石的结合为粘结剂的粘结力作用。因此, 覆膜的金刚石在钻头胎体内处于较弱的包镶程度。通过调节覆膜层的厚度和胎体中弱包镶金刚石所占比例大小, 可以调节金刚石钻头的自磨出刃能力, 适应不同程度的坚硬致密弱研磨性岩层的钻进需要。

2.2 金刚石的覆膜工艺

金刚石覆膜装置如图 1 所示。

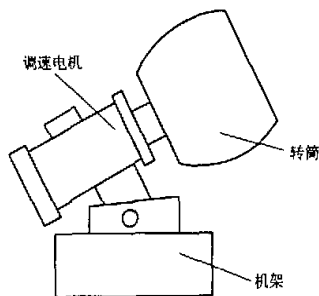


图1 金刚石覆膜装置示意图

金刚石覆膜工艺包括膜层材料、转筒转速和覆膜时间。

2.2.1 膜层材料

采用粉末冶金方法生产金刚石钻头时, 覆膜层材料较好选取, 一般由金属粉末和非金属粉末惰性

收稿日期: 2001-05-30

作者简介: 杨凯华(1945-), 男(汉族), 湖南人, 中国地质大学(武汉)超硬材料应用研究所副所长、教授、博士生导师, 探矿工程专业, 从事探矿工程和基础工程方面的教学和科研工作, 湖北省武汉市武昌喻家山, (027)87482940。

材料粉末组成,此2类材料的比例可以改变金刚石在胎体中的弱包镶程度。此外,还应能将选取的膜层材料覆裹在金刚石表面上的有机粘结剂。该粘结剂在钻头制造过程中应易于挥发,并对胎体金属粉末无任何不良作用。

采用电镀法生产金刚石钻头时,覆膜层材料与粘结剂的选取较为困难,增加了新的内容要求,即金刚石表面的膜层不能导电,且不能溶于电镀溶液中,防止污染镀液。

2.2.2 转筒转速

转筒转速是决定金刚石表面能否覆上一层均匀膜层的关键,多采用调速电机,无级调整转筒的转速达到覆膜的要求。确定转速的基本依据为转筒的大小、转筒的倾角、粒料的多少等。初次覆膜时可通过试验确定,亦可通过计算确定。

2.2.3 覆膜时间

覆膜时间决定了金刚石表面覆膜层的厚度,而膜层的厚度直接影响金刚石在胎体中的包镶牢固程度,决定了弱包镶钻头的性能。覆膜时间越长,膜层越厚,覆膜后的金刚石在胎体中的包镶牢固程度越弱;反之亦然。因此,应依岩石的“打滑”程度设计覆膜时间,控制膜层的厚度。

2.3 弱包镶金刚石钻头的钻进机理分析

如图2所示,弱包镶金刚石钻头在钻进过程中有一部分金刚石在钻进一段时间后会同提前脱落,在钻头唇面上会出现许多的孔穴。由于覆膜金刚石提前脱落和孔穴的出现,使得钻进效率明显得到提高。其原因分析如下。

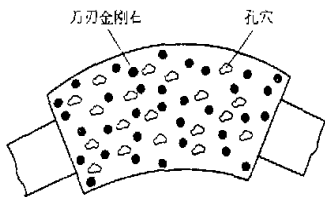


图2 钻头唇面情况

2.3.1 孔穴效应

由于金刚石提前脱落,在钻头唇面出现较明显的孔穴。孔穴的出现,减少了胎体唇面同孔底岩石或岩粉的接触面积,相应地提高了单位面积上的压力,有利于胎体磨损,有利于金刚石的出刃和自锐。同时,胎体唇面有效工作的金刚石颗粒减少,有利于切入岩石。

2.3.2 辅助碎岩作用

提前脱落的金刚石或其它硬质磨料本身还具有破碎岩石的作用。由于存在孔穴,胎体唇面变得粗糙,脱落的金刚石不会即时被冲洗液冲离孔底,而是在粗糙的胎体唇面带动与把持之下,以滚动或滑动方式继续破碎岩石,同时,进一步造成和提高胎体唇面的粗糙度,使钻进出现良性循环。

2.3.3 增大钻头同岩石的摩擦

从实践中知道,“打滑”岩层中使用过的金刚石钻头,其唇面是光滑的。如能让钻头胎体唇面变得粗糙,必能提高其同岩粉、岩石的摩擦系数,达到提高胎体超前磨损、提高钻头的自锐和出刃能力。设计的弱包镶金刚石钻头,其唇面出现若干微小孔穴,有效地增大了钻头唇面的粗糙度,提高了与岩石的摩擦系数,因此,能达到提高胎体较快磨损的目的。

2.3.4 孔穴作用

孔穴的存在,不但可以储存冲洗液,而且增大了钻头唇面的表面积,有利于冷却胎体和金刚石,减少摩擦热对胎体和金刚石的热影响。这一点对于在“打滑”地层中钻进采用较大压力时会产生较大摩擦热是十分重要的。另一方面,孔穴中还可储存岩粉、脱落的金刚石等摩擦微粒,使得这类摩擦微粒在孔底保留稍长时间,对磨损胎体有利,因而对金刚石钻头的自锐和出刃有利。

3 弱包镶金刚石钻头试验分析

对弱包镶金刚石钻头分别进行了室内和野外生产试验,取得了较明显的效果。

3.1 室内试验

室内试验在微钻试验台上进行,试验钻进对象为锆刚玉材料。钻头规格为 $\varnothing 56$ mm 普通单管金刚石钻头。胎体硬度 HRC32;金刚石品级为 MBD₈ 和 MBD₁₂;金刚石粒度为 50/60 和 60/70 目,2 种粒度中覆膜金刚石各占 2/3。钻进参数为:钻压 10 kN,转速 450 r/min;冲洗液量约为 15 L/min。钻进试验结果如图3所示。

3.2 钻进效果对比

从图3可知,弱包镶金刚石钻头比普通金刚石钻头的钻进速度高2倍,且钻进速度稳定。从钻头外形分析,弱包镶金刚石钻头唇部较粗糙,有微孔穴存在,金刚石出刃基本正常,而普通金刚石钻头唇部较光滑,金刚石出刃较差。从钻头磨损分析,2类钻头的磨耗高度十分接近,这说明弱包镶金刚石钻头的使用寿命要高于普通金刚石钻头。

(下转第255页)

公式(1)通过计算机可求出参与工作的金刚石颗粒数 N 。

(7)由胎体高度 H 、金刚石从钻头唇面的脱离高度 h ,以及 N 可算出胎体中总的金刚石颗粒数 $\bar{W}$

$$\bar{W} = H/h \times N \quad (4)$$

(8)由 $\bar{W}$ 和胎体体积 $\bar{V}$ 即可算出金刚石浓度

$$\theta = \bar{W}/(4.4\bar{V}\eta) \quad (5)$$

式中: η ——每克拉金刚石颗粒数。

(9)经过各修正系数的修正,得到更合理的金刚石浓度 θ_0 。

(10)经过生产实验的检验,不断修正 $Q - V_m$ 曲线和其它各参数,得到新一轮的 θ_0 ,如此周而复始,则金刚石浓度 θ_0 的设计将愈科学和合理。

实例:某含钢筋混凝土,打 $\phi 63$ mm 的钻孔,设计钻头唇厚 3.5 mm、胎体高度 4 mm 的金刚石钻头浓度。

(1)测得该混凝土的压入硬度 $H_p = 720$ MPa。

(2)采用 40~45 目,强度 180 N 的金刚石(粒径 0.378 mm,每克拉 2009 粒)。

(3)由 $V_m - p$ 曲线及工程进度要求,设定 $V_m = 2.5$ m/h,钻进比压 $p = 800$ MPa。

(4)由已知钻机转速 1200 r/min,可算得 $\delta =$

0.035 mm。

(5)人力加压,最大以 500 N 计,则 $S = 0.625$ mm²。

(6)用计算机算得金刚石颗粒数 $N = 325$ 粒。

(7) $H = 4$ mm, $h = 0.189$ mm,算得 $\bar{W} = 6878$ 粒。

(8)胎体体积 $\bar{V} = 1.86$ mm³, $\theta = 6878/(4.4 \times 1.86 \times 2009) = 0.418$,即 41.8% 的浓度。

(9)经修正系数的修正,得 $\theta_0 = 46\%$ 。

按此浓度制作的钻头经钻进 7 孔试验,平均钻速 2.65 m/h,与要求基本吻合。

总之,通过理想化的设计处理与生产实验的不断修正与完善,薄壁金刚石钻头的金刚石浓度设计可以达到一个更为合理的优化的水平,在此基础上找出浓度设计科学的、有实际应用价值的规律并不是不可能的。

参考文献:

- [1] 刘希圣. 钻进工艺原理[M]. 北京:石油工业出版社,1994.
- [2] 孙毓超,等. 金刚石工具与金属学基础[M]. 北京:中国建材工业出版社,1999.
- [3] 薛军. 孕镶金刚石钻头切削刃在碎岩过程中显微面积的研究[A]. 第四届全国岩石破碎学术讨论会论文集[C]. 1989.

(上接第 252 页)

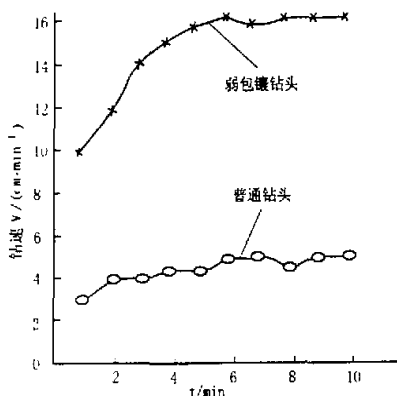


图3 钻进磨削试验结果

注:在试验前钻头均稍作开刃处理

进时效较高,钻头使用寿命较长,是一种能有效钻进“打滑”地层的金刚石钻头。

(2)弱包镶金刚石钻头的制造工艺简单,操作简便,质量易于控制,成本仅增加约 5%,有推广价值。

(3)弱包镶金刚石钻头中的金刚石膜层材料与粘结剂仍有待进一步优选,特别是电镀弱包镶金刚石钻头更是如此。同时,金刚石膜层的厚度和钻头中覆膜金刚石的数量比与岩石的“打滑”程度之间的适应关系还有待进一步深入研究与试验。

参考文献:

- [1] 徐晓军,李世京. 坚硬致密弱研磨性岩层金刚石钻进技术[M]. 北京:地质出版社,1989.
- [2] 张绍和,鲁凡,等. 弱包镶强耐磨性胎体钻头[J]. 探矿工程, 1997, (2).

4 结论

(1)从室内试验可知,弱包镶金刚石钻头的钻