

文章编号: 1001-1986(2007)04-0075-02

# 烧结式 PDC 钻头软模成型工艺研究

郭东琼

(煤炭科学研究总院西安研究院, 陕西 西安 710054)

**摘要:** 针对烧结式 PDC 钻头模具成型困难、生产效率低问题, 研制出一种软模成型工艺制造模具。其要点在于首先制订软模成型工艺流程, 然后分别确定基础模具、橡胶模具和陶瓷模具的成型工艺, 再试制钻头。结果表明, 使用这种方法制造钻头模具, 能简化工序, 提高生产效率, 制作的钻头精度高, 外观精美, 一致性好。

**关键词:** PDC 钻头; 模具; 软模成型

**中图分类号:** P634.4 **文献标识码:** A

## Technology for flexible die forming of PDC bits

GUO Dong-qiong

(Xi'an Branch, China Coal Research Institute, Xi'an 710054, China)

**Abstract:** Aiming at the difficulty in modeling of matrix PDC bits and low efficiency. In this paper it is introduced that the moulds are produced by Flexible Die Foming. Based on the mould foming process the author summarized that at first design mould forming process, then determine the first mould technique, rubber mould technique and kaolin powder modeling technique. With the research result, matrix PDC bits have been made on trial basis. Indoor experiments show high mould production efficiency and exquisite profile with good continuance, high precision and consequently achieved the expected purpose.

**Key words:** PDC bits; mould; flexible die foming

烧结式 PDC 钻头的寿命长、效率高, 广泛应用于石油、煤田地质钻探等领域。目前, 国内 PDC 钻头生产普遍采用粉末冶金的方法制造钻头体, 然后将 PDC 切削齿镶焊在钻头体上。用这种方法制造钻头体, 其冠部是由预先制作的组合模具来成型的。因此, 钻头体的冠部形状和尺寸完全取决于组合模具。由于钻头类型多, 规格不一, 其冠部结构和尺寸多变, 且切削齿即使按一定的方式布置在钻头体表面上, 其规格和安装方位角度也不尽相同, 因而所需的模具也就千变万化, 这给模具成型带来很大困难。特别是批量生产, 模具成型质量和效率是制约烧结式 PDC 钻头推广和发展的主要因素<sup>[1-2]</sup>。

为了方便、快捷地制作出各类精度较高的胎体式 PDC 钻头的模具, 使钻头外形美观, 一致性好, 质量稳定, 保证 PDC 钻头能高效率、高精度和大规模生产, 煤炭科学研究总院西安研究院成功地研究出一套软模成型工艺, 较好地解决了烧结式 PDC 钻头批量生产过程中模具成型难题, 取得了良好的经济效益。

## 1 成型工艺

所谓软模是指使用软质材料(如硅橡胶、环氧树

脂、低熔点合金、锌合金、铝等)代替传统的钢质材料制造模具。由于软模具有良好的复制性和脱模性, 在制作形状复杂、精度要求较高的产品方面具有独特的优势。

软模成型工艺的要点是: **a.** 采用先进手段设计模具, 并运用现代化的加工工艺制造出标准母模(基础模具); **b.** 将调制好的硅橡胶脱气后灌注入基础模内, 待硅橡胶硫化后脱模, 便得到与钻头胎体形状一致的橡胶模; **c.** 将橡胶模放入烧结钻头用石墨外套内, 再将成型材料(陶瓷粉)混合成浆料, 浇注到橡胶模与石墨模具形成的腔内, 待浆料硬化后取出橡胶模, 得到的陶瓷模就是采用无压浸渍法烧结钻头体用的模具<sup>[3]</sup>。

### 1.1 基础模成型工艺

基础模为母模, 其型腔与普通模具一样。与传统的模具不同的是, 该模具不用于烧结, 而是制造可多次使用的橡胶模。

软模成型方法采用由标准母模(基础模)到公模(橡胶模), 再由公模到母模(陶瓷模)的制造过程, 最后得到的陶瓷模即是用来烧结钻头的模具。在这个过程中, 基础模成型是一个重要的环节, 是制造模具的关键, 它决定了橡胶模和陶瓷模的质量。其特点

收稿日期: 2007-02-07

作者简介: 郭东琼(1978—), 女, 湖北浠水人, 硕士, 工程师, 从事金刚石钻头的优化设计。

是精度要求高,能长期重复使用。因此,往往要采用先进的成型方法来保证基础模的成型质量。

基础模设计为组合式结构,它由外套模、底模、水口塞和模衬组成,其结构示意图见图 1。外套模和模衬外形结构简单,可采用传统机械加工方法制成。底模和水口塞外形复杂,成型难度大,且底模的精度要求高。这里采用快速成型技术将底模和水口塞成型为一体,合格后整体放入外套模内备用。

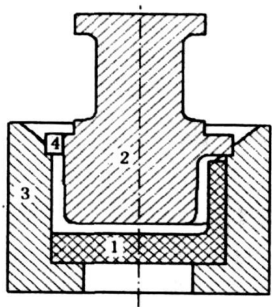


图 1 基础模具结构示意图

Fig. 1 The diagrammatic sketch of the first mould configuration

1——底模和水槽塞整体;2——模衬;3——外套模;4——排气孔

快速成型是融计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助制造(CAM)、计算机数字控制(CNC)、精密伺服驱动、激光和材料科学等先进技术于一体的新技术。将这种新技术应用于基础模具零件制造,底模和水槽塞整体可以由快速成型机直接输出。快速成型技术的工艺方法有多种,但基本原理是一致的。其基本思路是:首先根据设计者的创作意图,将零件的三维 CAD 模型输入到计算机中,也就是三维几何造型;然后利用分层切片软件,将 CAD 三维实体模型处理成一系列薄截面层,并根据各截面层形成的二维数据,控制材料在工作台上一层一层地生成二维轮廓,用粘贴、熔结、聚合作用或化学反应等手段,逐层地固化液体(或粘结固体)材料,堆砌基础模零件,也就是分层叠加成型;最后根据设计的表面光洁度和尺寸精度要求,对基础模进行表面处理,也就是后期处理<sup>[4]</sup>。

常用的快速成型方法有:立体光固化成型法(Stereo Lithography Apparatus, SLA)、选择性激光烧结法(Selected Laser Sintering, SLS),叠层实体制造法(Laminated Object Manufacturing, LOM)、熔融沉积造型法(Fused Deposition Modeling, FDM)、三维喷涂粘结法(Three Dimensional Printing and Gluing, 3DPG)等。其中 SLA 方法是目前世界上研究最深入、技术最成熟、应用最广泛的一种快速成型方法。该方法借助快速成型机,以光敏树脂为原料,通过计算机控制紫外激光使其凝固成型。采用这种方法制造的基

础模具零件具有较高的尺寸精度和表面光洁度,而且生产周期短。

## 1.2 橡胶模具成型工艺

基础模为橡胶模具成型提供了必要的工艺装备,利用橡胶材料硫化前的流动性和硫化后的柔韧性,将橡胶料灌注到基础模具型腔中进行定型并硫化后即可得到橡胶模。

通过比较市场上不同橡胶材料,优选出双组分有机硅橡胶作为制作橡胶模的原材料。它有复制精确、稳定性好、扩张强度大、收缩小、仿真性强、耐老化、对基础模无腐蚀等“长处”。固化后,硅橡胶模具能够准确复制;脱模时无破损、不开裂、不粘连,能确保基础模具安全。

制作橡胶模的工艺流程是:先将底模和水口塞整体放入外套模内,插上模衬,装配后再将橡胶液与稀释剂按比例均匀混合,经真空泵排气后灌入衬模与基础模具所形成的间隙中,整套模具在室温下放置 24 h,待橡胶固化成型后,从基础模中取出,就得到与设计钻头完全相同的橡胶模(公模)。

上述工艺过程与钻头类型和环境温度有关。钻头口径大,唇面厚,环境温度低,则应增加稀释剂的含量;反之,应减小稀释剂的含量。橡胶与稀释剂的质量配比应控制在 100:1.5~100:3.0 范围内。

## 1.3 陶瓷模具成型工艺

制造陶瓷模的原材料是陶瓷粉。陶瓷粉是多元组分的粉状物,加入一定量的水充分搅拌,成为浆液,在未凝固前有较好的流动性,经过约 0.5 h 后凝固为具有一定强度的固体,烘干后强度进一步提高,在室温和高温下都具有合理的强度<sup>[1]</sup>。利用陶瓷粉的这个特性与橡胶公模配合使用,实现钻头的母模造型。制造陶瓷模的步骤:

a. 制造外套模。外套模由石墨制成,用作陶瓷模的依托体,旨在保持陶瓷模的形状在烧结过程中不发生变化;烧结过程中产生 CO 气体,形成保护气氛。外套模的内部曲线与硅橡胶模外形轮廓相似,尺寸略大。

b. 将已插入模衬的橡胶模冠部朝上,然后罩上外套模,安装并调正橡胶模与外套模的相对位置。

c. 在橡胶模与外套模所形成的间隙中灌入陶瓷浆液,待陶瓷浆液凝固后,取出橡胶模,得到的陶瓷模与原来的基础模完全相同,该模具就是用来制造钻头的模具。批量生产钻头时,只需重复陶瓷模的制造。

## 2 生产试验

采用上述钻头烧结模具成型工艺,以  $\varnothing 96$  mm

文章编号: 1001-1986(2007)04-0077-04

# 泥浆对钻头 WC 基胎体材料冲蚀磨损的试验研究

江新洪<sup>1</sup>, 段隆臣<sup>1</sup>, 刘志义<sup>1,2</sup>

(1. 中国地质大学工程学院, 湖北 武汉 430074;

2. 中原钻井一公司东北公司, 吉林 松原 138000)

**摘要:** 采用双喷嘴闭路循环试验装置, 测试了钻头胎体材料在泥浆冲蚀作用下所产生的总质量损失  $TML$  和由纯机械冲刷作用所产生的质量损失  $E$ 。通过计算得到了由腐蚀及机械冲刷与腐蚀相互作用所产生的质量损失  $C+S$ 。结果表明, 钻头胎体材料的冲蚀磨损不是纯由机械冲刷作用引起, 而是由机械冲刷、腐蚀及他们的相互作用共同引起。因此, 在有腐蚀性的泥浆中设计和选用 PDC (金刚石复合物) 钻头时, 除了考虑胎体材料的抗冲刷磨损性能外, 还应考虑钻头胎体材料的抗腐蚀性。

**关键词:** 钻井泥浆; PDC 钻头; 胎体材料; 冲蚀磨损

**中图分类号:** P634.41 **文献标识码:** A

## Experimental research on erosion and corrosion of WC-base matrix materials for drill bits under impingement of drilling mud

JIANG Xin-hong<sup>1</sup>, DUAN Long-chen<sup>1</sup>, LIU Zhi-yi<sup>1,2</sup>

(1. Faculty of Engineering, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China;

2. Northeast Branch of No. 1 Drilling Company of Zhongyuan Petroleum Prospection Bureau, Songyuan 138000, China)

**Abstract:** In oil drilling the erosion and corrosion resistance of the matrix is one of the key factors affecting the quality of PDC bits. In order to understand the degradation mechanism of matrix materials for drill bits, a kind of loop recirculation rig is adopted to measure total mass loss  $TML$ , mass loss  $E$  by pure mechanical erosion, and then through calculation the mass loss  $C+S$  by corrosion and their synergy is obtained. The tested and calculated results show that  $TML$  of matrix materials is not only caused by pure mechanical erosion, but also by corrosion and their synergy of mechanical erosion and corrosion, which tells us that the corrosion resistance of matrix materials should be considered carefully besides their erosive resistance in the design and selection of PDC drill bits used in the corrosive drilling mud.

**Key words:** drilling mud; PDC drill bit; matrix materials; erosion and corrosion

PDC 钻头的失效主要有冲蚀、磨损、掉齿等 3 种形式<sup>[1]</sup>。除了 PDC 本身的质量之外, 冲蚀是影响 PDC 钻头功能和寿命的重要原因之一<sup>[2]</sup>。

钻井液大多具有腐蚀性。目前国内在钻井液对 PDC 钻头胎体材料的冲蚀磨损方面主要侧重于机械冲刷和井底流场的研究, 没有考虑携带岩屑的钻井

收稿日期: 2007-01-07

作者简介: 江新洪(1977—), 男, 江西都昌人, 博士研究生, 从事岩石破碎与金刚石工具科研工作。

平底无心钻头为例, 试制了胎体式 PDC 钻头 10 只。检验影响钻头质量的 2 个关键尺寸: 钻头的外径尺寸是否在设计的公差范围内; 每只钻头的各 PDC 切削齿顶点是否在同一平面内, 即各 PDC 切削齿高度差是否在允许的范围。结果表明: 10 只钻头的外径尺寸都在允许的公差范围内, 每只钻头的各 PDC 切削齿高度差在允许的范围。10 只钻头的尺寸精度都满足要求, 且钻头的一致性, 外观整齐。

实践表明, 大批量生产时, 采用软模成型工艺制造钻头烧结模具有着无可比拟的优越性。一套橡胶模可以翻制多套陶瓷模, 这一工艺取代了大量手工操作, 降低了生产成本, 简化了模具制造工序, 缩短

了工时, 生产效率至少提高 8~10 倍, 而且钻头精度高, 外观精美, 一致性好。该成型方法具有良好的推广前景。

## 参考文献

- [1] 李锁智. 烧结式 PDC 钻头及胎体成型方法的研究[R]. 西安: 煤炭科学研究总院西安分院, 2004: 23—24.
- [2] 周龙昌. 胎体钻头烧结模具快速成型新工艺[J]. 石油机械, 2005(2): 27.
- [3] 郭东琼. 胎体式 PDC 钻头基础模具设计与成型工艺的研究[R]. 西安: 煤炭科学研究总院, 2006.
- [4] 李仁杰. 基于快速成型技术的快速模具制造技术[R]. 大连: 大连理工大学, 2005.