钻探技术

硬岩人造金刚石钻头的初步研究

中南矿冶学院　袁公昱　刘继兴

目前，在坚硬、研磨性强的岩层中钻进，人造金刚石钻头的平均寿命约为30米；而在硬脆地层中，平均寿命只有15米左右。因此，研制高效长寿的人造金刚石钻头，对推广绳索取心技术，提高钻进效率和降低钻探成本都具有重要意义。

提高硬岩钻进中人造金刚石钻头质量的途径

为了提高人造金刚石钻头的质量，使之达到高效长寿，首先必须了解人造金刚石的特性。金刚石是碳元素在高温高压下的结晶体。晶体中碳原子间以四个饱和共价键连结，相邻的碳原子间距离都是1.54Å，连结非常牢固，所以金刚石具有坚硬、耐磨和熔点高的特点，是目前钻岩的好磨料。但是，人造金刚石在空气中的燃烧温度为740～838°C，在没有空气的条件下，加热到2000°C则石墨化。因此，为了提高钻头质量，一方面采用高质量的金刚石是个先决条件，另一方面在制造钻头时，如何使金刚石的质量不受影响或少受影响是很有实际意义的。目前用热压法制造金刚石钻头，就是将金刚石均匀地混合于碳化钨等合金粉末中，通过烧结，将金刚石包镶在胎体中。为了确定合理的烧结温度，我们在室内对不同温度条件下人造金刚石的强度进行观察和测定。为了使测定数据可靠，对同一粒度的人造金刚石试样进行了选形。试样均为同一目数的六、八面体晶形，每个试验测定次数不少于5次（图1～2）。试验结果表明，人造金刚石在石墨模和WC粉中烧结温度升至800°C时，强度变化缓慢，比室温下的强度仅降低3.7～11%；烧结温度升至1000°C时，强度降低了40～41%；烧结温度升至1100°C，强度降低59%。同时，我们发现当烧结温度升至1000°C时，在铁粉中的金刚石失去了金黄色光泽，呈灰黑色；在钴粉中的金刚石，晶棱处呈黑色，这说明发生了石墨化。一般热压法烧结金刚石钻头的温度为1000°C左右；无压法烧结温度一般为1100°C左右，金刚石的强度降低比较大。因此，使热压法的烧结温度降到800°C以下，既可保持热压法制造钻头的优点（成形性好，胎体性能易于调整），又不大影响人造金刚石的强度。

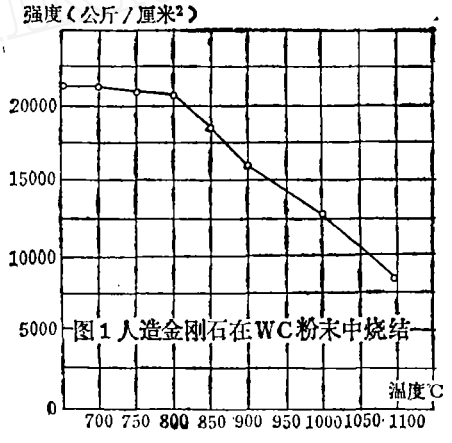


图1 人造金刚石在WC粉末中烧结

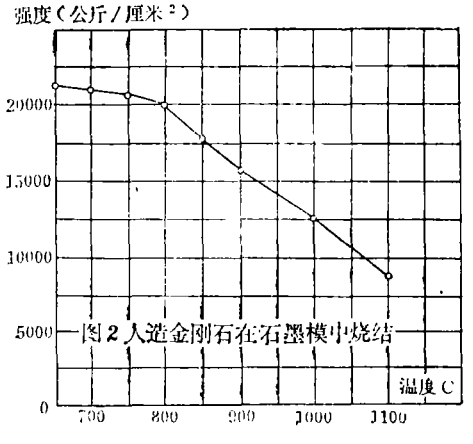


图2 人造金刚石在石墨模中烧结

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

低温热压法的研究

用于硬岩的钻头胎体应具有一定的硬度、耐磨性和强度，使之与岩性相适应，保证钻头有良好的自刃性；胎体能牢固地包镶金刚石，对金刚石的侵蚀作用小；烧结温度尽量低，以减少对金刚石强度的影响；成形性好，生产工艺简单。根据上述要求，我们对胎体材料进行了研试。

1.骨架成分 它是胎体中的硬质点，为了使胎体具有一定硬度和耐磨性，一般采用难熔金属碳化钨等作骨架。试验表明，骨架成分的粒度、形状对胎体的烧结温度和性能影响较大。粉末粒度越细，表面积越大，表面能越高，烧结过程越易进行。图3为极细粉末的铁粉与细粉末铁粉的烧结情况。

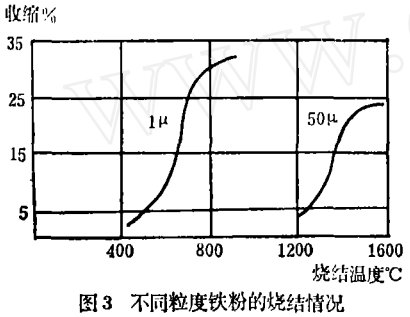


图3 不同粒度铁粉的烧结情况
（用250公斤/厘米²压力压制后烧结）

近年来瑞典、日本和美国等都试制了超细晶粒（粒度小于0.5μ）的硬质合金。机械性能显著提高。如瑞典的WC—10%Co超细粒晶合金，抗弯强度达340～360公斤/毫米²，维氏硬度（HV）为1700公斤/毫米²。我们用较均匀的椭圆体（a×b=1μ×1.5μ）碳化钨粉末和大小不一而且形状又不规则的碳化钨粉末（1～3μ），分别加在8#配方钻头胎体料中作骨架成分，烧结温度为780～800°C，所得胎体的机械性能良好，而且与保径的针状合金结合很牢固。

2.粘结合金 进行低温热压烧结时，寻求具有一定机械强度的低熔点合金作胎体的粘结剂，是一项重要工作。因为它直接影响胎体的强度和对金刚石的包镶能力。为此，我们首先对一些金属元素粉末在一定温度范围内进行了烧结性能试验（图4）。试验表明：在700～1000°C范围内，烧结性能好坏的顺序如下：Zn；663—Cu；Ni；Mn；Fe；Co。我们主要选用前五种金属元素作粘结合金。在此基础上对铜基、锌基、铁基和铝基四种粘结金属进行了低温（650～800°C）试验，用铜基粘结合金（663青铜为主，添加适量的Zn，Ni，Mn，Fe或预合金钢粉）作为工作层胎体粘结合金；锌基合金作为水口料的粘结成分。

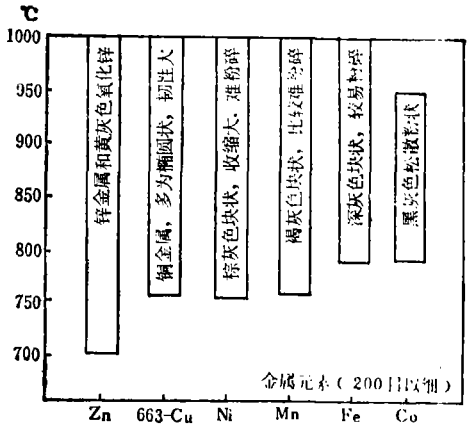


图4 金属元素粉末烧结后的物理状态

钻头胎体工作层的粘结合金在780～800°C温度下烧成的试样，通过金相分析可知各种组份完全烧成了合金，其中铁、镍、锰、钴等金属粉末都能被锌和663青铜粉末包镶成均匀的合金体。

3.胎体的配方 选用6#和8#两种胎体配方，烧结温度为780～800°C。从金相照片可以看出：8#配方的骨架成分—WC的晶粒呈圆状，并且相当细，分散也较均匀，它的机械性能比6#配方好些。胎体性能见下表。

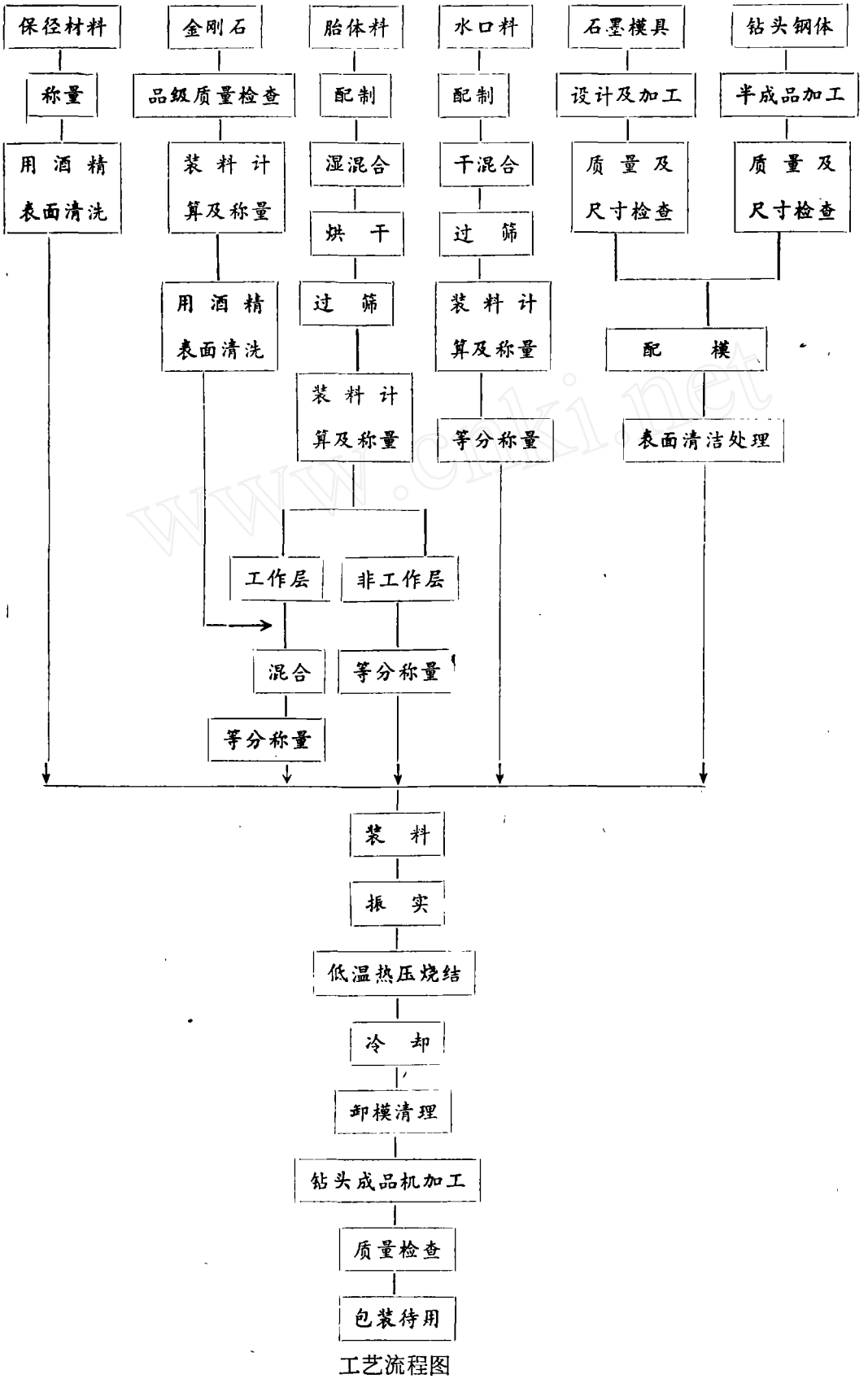
	硬度（HRC）	抗弯强度（公斤/毫米²）	耐磨性（胎体磨耗克数/每钻一米花岗岩）
6#	38～40	88	4.3
8#	42～47	90～112	2.8

工艺流程的合理确定

1.制造工艺流程 制造人造金刚石孕镶钻头，首先必须合理地确定制造工艺流程。我们的工艺流程如图所示。

2.胎体料的配制 根据低温热压法制造钻头的特点和对胎体性能的要求，通过试验选择合适的骨架成分和粘结合金成分，并确定各成分的含量。然后用酒精湿磨混料，球料比为2：1，球磨筒转速为50～60转/分，混料时间为36～48小时。

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net



工艺流程图

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

3.保径措施 采用硬质合金或人造金刚石聚晶作保径材料。

4.石墨模具组装 在低温热压烧结过程中，由于压力较大，钻头钢体变形大，往往胀垮模具，而使烧结体报废。为此我们调整了石墨模具各部分的配合尺寸，使各部分的间隙尽量恰到好处。如图5所示，A处间隙为0.5～0.6毫米；B处间隙为0.05～0.15毫米；C处间隙为0.2～0.3毫米。

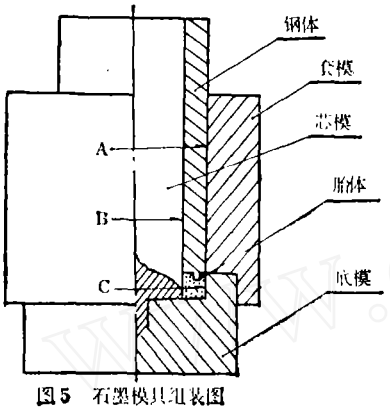


图5 石墨模具组装图

5.低温热压烧结设备 电阻加热炉采用ZK—50型可控硅电压调整器和XCT—101型温度指示调节仪，操作方便，且能自动精确地控制保温温度。

6.烧结参数的合理确定 这里所指的烧结参数是：预压力，烧结温度，热压压力，保温时间。

预压力是指石墨模具装入炉内时，上下两个电极间预先给的初压力。预压力过小会使电极间电阻增大，电流减小，不利于合金粉末在炉内的加热烧结；预压力过大会使钻头钢体受热膨胀，压坏石墨模具。我们所用的压力为20～30公斤/厘米^2（钻头底面积）。

烧结温度的确定与钻头胎体料的组元及含量有关，一般低于主要成分的熔点，而高于其中一种或多种少量成分的熔点，使达到多组元固相烧结。我们所用的烧结温度为780～800°C。

热压压力是指胎体料在加热炉内温度达到800°C时所加的压力。目的是使粉末致密，促进扩散过程而烧成合金体。由于我们的胎体料配方（6*与8*）合理，烧结温度较低，因此热压压力要求较大，大到粉末能烧结成合金体，同时石墨模具不致炸裂为止。一般取200公斤/厘米^2。

保温时间与烧结温度有关。烧结温度较高时，保温时间要短；反之，则要长。保温时间还与烧结的升温速度有关。升温快，保温时间要长；升温慢，保温时间可短些。一般保温约15分钟。

升温和降温（冷却）速度是由烧结体（钻头）最终尺寸和性能要求来确定的。通常为了提高生产率，希望升温和降温的速度快些好。但在实际生产中，如果升温速度太快，可能使胎体料中的水份及某些杂质剧烈挥发，导致胎体产生裂纹，并使氧化物还原不完全而影响胎体的机械性能；降温速度对钻头性能的影响也很大，特别是对铁基、镍基、钴基等可热处理的材料。为了获得所要求的金相组织，冷却速度要严加控制。

低温热压钻头的优点

1.大大减轻了钻头制造过程中加热温度对金刚石强度的影响，从而提高了钻头的质量，并为采用较低级的金刚石制造钻头开辟了道路。

2.由于降低了烧结温度，很大程度上避免了粘结金属如Fe，Ni，Co等对金刚石和WC骨架的侵蚀作用。

3.根据我国具体条件，目前采用极细粉末（粒度为0.8～10μ）的WC为骨架，用300目以细的粘结金属粉末作粘结成分，不但可以降低烧结温度，而且可以缩短加热时间，从而获得细晶粒的胎体材料，有利于提高胎体的机械性能和包镶金刚石的能力。

4.低温烧结有利于烧结炉及其电气设备和仪表的保护，并可采用廉价的石墨作炉膛。

我们用6*和8*配方做了小批人造金刚石钻头，在室内、外进行了试验，获得了预期的效果。8*配方的B*钻头在鞍山弓长岭深孔的混合岩中试验，寿命达到106.73米，比普通热压法钻头寿命(66.77米)提高了60%。该配方的人造金刚石钻头也适用于在深孔中钻坚硬的石英脉。另外，还做了小批低温热压人造金刚石单管、双管和绳索取心钻头，已在室内进行了实验，效果良好。

（全国第二届探工学术会议论文选登，本刊有删节）

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net