

硬质合金凿岩工具

陈献廷 编著

中国工业出版社

硬质合金凿岩工具

陈献廷 編著

中国工业出版社

硬质合金凿岩工具

陈献廷 编著

*

冶金工业部图书编辑室编辑 (北京猪市大街78号)

中国工业出版社出版 (北京德胜门内大街10号)

(北京市书刊出版事业许可出字第110号)

中国工业出版社第三印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 $850 \times 1168^{1/32}$ ·印张5·字数131,000

1962年8月北京第一版·1964年1月北京第二次印刷

印数591—1,250·定价(10-6) 0.80元

*

统一书号: 15165·1768 (冶金-273)

前 言

大家知道，采掘工业是加工工业的基础，加工工业的发展依赖于采掘工业的发展。因此，采掘工业必须优先发展。

在冶金工业内部，给冶金工厂提供原料的矿山是冶金工业发展的基础。在三年大跃进中，我国建设了许多大中小型矿山，广大职工创造了许多符合多快好省方针的新技术和先进经验，矿石的生产取得了高速度的发展，矿山的面貌有了很大的改变。

可是，矿山的建设比冶金工厂的建设，需要更长的时间。因此，尽管在三年大跃进中在矿石生产方面取得了很大的成绩，矿山仍然是冶金工业中的薄弱环节。因此，必须大力加强矿山工作，挖掘现有矿山的潜力，加速新矿山的建设，加速中小型矿山的技术改造，以便克服这个薄弱环节，为冶金工业的发展创造更好的条件。

在大多数金属矿山和非金属矿山，无论是采矿还是掘进或剥离，都少不了凿岩爆破这一环。而凿岩工具的好坏，对采掘工效和速度都有很大的影响。硬质合金是很好的凿岩工具材料，使用硬质合金钎头，可以提高凿岩速度和劳动生产率，降低凿岩成本。

硬质合金已经在我国大型矿山推广。许多矿山，在硬质合金钎头的镶制和使用方面，积累了许多经验。同时，我国硬质合金工厂，经过三年的大跃进，也取得了很大的成绩，生产了一些新的硬质合金，这些新产品经过工业试验，效果良好，正在一些矿山使用。

但是，到目前为止，关于硬质合金凿岩工具的制造和使用，在我国技术文献中只有一些零星的介绍。有必要编写一本书，把有关硬质合金凿岩工具制造、使用的基本知识和国内外的一些经验介绍给我国采矿工作者，特别是中小型矿山的采矿工作者。

本书簡要地叙述硬质合金的制造工艺和物理机械性质，比較詳細地介紹了硬质合金凿岩工具的鑲制和使用。

限于作者的水平，书中缺点和錯誤在所难免，热誠地希望讀者指正。

目 录

前 言

第一章 采矿工业用硬质合金	1
第一节 概述	1
第二节 硬质合金的化学成分	2
第三节 硬质合金生产工艺简介	3
第四节 硬质合金的主要性能	9
第五节 硬质合金中钴的含量对其性能的影响	13
第六节 硬质合金的牌号及其用途	17
第七节 正确地选择硬质合金牌号的重要性	19
第八节 合理地选择硬质合金型号	22
第九节 采矿工业用硬质合金片的技术条件	23
第二章 冲击迴轉鑿岩用硬质合金工具	25
第一节 冲击迴轉鑿岩工具的发展	25
第二节 鑄硬质合金片的钎子	26
第三节 鑄硬质合金片的活钎头	30
第四节 深孔鑿岩用的硬质合金钎头	33
第五节 钎头和钎杆的连接	34
第六节 硬质合金钎头的制造工艺	40
第三章 硬质合金断續刃钎头	52
第一节 断續刃钎头的設計原理	52
第二节 断續刃钎头的結構	52
第三节 断續刃钎头的制造技术要求	58
第四节 断續刃钎头(十字形)的制造工艺	62
第五节 断續刃钎头的推广	67
第四章 新的钎头制造工艺	73
第一节 钎头壳体的新制造工艺	73
第二节 钎头的半自动化修磨	81
第五章 硬质合金钎头的使用	85
第一节 岩石的摩擦性与硬质合金片选择的关系	85

第二节	根据矿山岩石条件选择硬质合金钎头的形状	89
第三节	硬质合金钎头的使用	92
第四节	钎头的拆卸	95
第五节	钎头和钎杆的修理	97
第六章	硬质合金钎头的修磨	99
第一节	修磨硬质合金钎头的砂輪	99
第二节	修磨硬质合金钎头的綠色碳化硅砂輪消耗定額	103
第三节	硬质合金钎头的修磨方法	104
第四节	冲击廻轉凿岩的硬质合金消耗定額及残料回收	106
第七章	旋轉钻进用的硬质合金工具	109
第一节	硬质合金的牌号及几何形状的选择	109
第二节	煤炭工业中使用的硬质合金钻头	110
第三节	地质勘探用的硬质合金钻头	118
第四节	管粒合金及其堆焊方法	122
結 論		127
附 录		129
附录 1	矿山工具用硬质合金标准制品分类	129
附录 2	鑲焊硬质合金片的冲击廻轉凿岩用钎头标准	141
	一、钎头形状及規格 (141) 二、技术条件 (145)	
附录 3	新牌号合金G8C和G15合金的耐磨性及使用强度的 凿岩比較試驗方法	146
附录 4	普氏岩石硬度分类等級	152
参考文献		153

第一章 采矿工业用硬质合金

第一节 概 述

硬质合金是现代生产效率最高的工具材料。虽然硬质合金的使用，在30~35年前才开始，是一种比较年轻的工具材料，但是，在矿山工具方面和金属切削加工方面已获得很广泛的应用。工具材料是决定工具的发展和促进繁重体力劳动过程机械化的因素之一，工具材料的改进，可以提高工人的劳动生产率。

早在三十余年前，就开始研究硬质合金用于制造切削工具。由于难熔金属硬质化合物与辅助金属作粘结剂构成的硬质合金的出现，在金属切削加工方面，引起了技术革命，而硬质合金在采矿工业中的应用，也大大地促进了采矿工业的发展和高效率凿岩机的使用。

1953年我国采矿工业中开始采用硬质合金，最初是在弓长岭铁矿试用，到1954~1955年就在各矿山推广。由于硬质合金钎头较碳素钢钎头有许多优点，在很短的时间内，就得到推广，取得了良好的效果。目前在岩石硬度较高的矿山硬质合金已成为主要的、不可缺少的工具材料。几年来，在硬质合金钎头的制造和使用方面都积累了一定的经验。但是在一些中小型矿山，硬质合金钎头尚未普遍推广。推广硬质合金凿岩工具，对促进中小型矿山的技术改造，具有重大的意义。

冲击迴轉凿岩用的硬质合金牌号，是经过了一段的试验，最后才确定的。在苏联，最先使用的是G12；1935年以后才使用G15。这一牌号合金的试验结果证明，使用性能很好。根据这两种牌号合金的使用性能，确定G12适于凿中硬以下的岩层，而G15则适用于凿坚硬岩层。早在1936年，苏联60%以上的采矿企业，使用硬质合金进行冲击迴轉凿岩作业。在这期间，还试验了几种

牌号的硬质合金，有的是用镍代钴作粘结剂的，未获得良好效果。

我国开始采用硬质合金钎头时，在牌号的选择方面，也结合具体条件，经过一个试验和试用的过程。开始时，曾使用过G8、G10、G12和G15等几个牌号。根据几个重点矿山的经验，G15较其他牌号为好，所以，几年来各矿山使用的硬质合金牌号几乎都是G15。近两年来，有部分矿山开始使用新牌号合金G11。根据G11合金的质量情况和大批生产性试验的结果，建议在某些中硬及中硬以上岩石的矿山使用，以代替现在使用的G15合金。在技术条件较好的矿山，甚至在凿坚硬岩石时，也可以采用这种合金。

第二节 硬质合金的化学成分

凿岩工具使用的硬质合金，是采用金属陶瓷方法制造的。这种合金是由许多极其细小的稀有难熔金属的碳化物颗粒，以钴作粘结剂粘结制成的。碳化钨的固溶体很均匀地分布于钴的液相中，紧密地粘结成一个整体。

由于生产方法特殊，这种合金仍然保持碳化钨原有的可贵的特性。它的硬度近于金刚石，同时，合金中所含的钴，又使其具有韧性。

采矿工业中，通常采用的是钨钴类硬质合金。钨和钴的特征如下：

钨 (W) 是门捷列夫周期表中的第Ⅵ族金属，原子量为184，原子序为74，比重为19.1~19.3。致密性钨在外观方面与钢相似。熔点为 $3410 \pm 20^\circ\text{C}$ ，比一切金属的熔点都高；沸点约为 5900°C 。在硬质合金生产过程中，钨呈银灰色粉末状。

钨与碳化合生成碳化钨，碳化钨具有很高的硬度（莫氏硬度为9），但脆性高，无磁性，导热性不良。硬质合金中有碳化钨，能使其具有很高的硬度和耐磨性。

碳化钨虽然硬度高，但脆性大，单独的碳化钨颗粒是不能烧

結成凿岩工具用的有足够强度的制品的。因此，不能单独地采用碳化钨制造凿岩工具用的硬质合金。为了减小它的脆性，同时又要保持它的高硬度的特性，在碳化钨中加入辅助金属，以起到将碳化钨颗粒粘結起来的作用，这种金属就是钴。

钴(Co) 是門捷列夫周期表中第Ⅷ族金属，原子量为 58.94，原子序为 27，比重为 8.9，熔点为 1478℃。钴是有磁性的金属，具有良好的导热性、可鍛性及很高的韌性，能使碳化钨颗粒很好的粘結起来，在液态时能将碳化钨颗粒蘸湿，冷却后又能变硬，并能牢固地粘結碳化钨颗粒，形成碳化钨颗粒間强度很好的粘結剂。

在所有的金属元素中，仅钴和镍能使碳化钨颗粒具有足够的粘結强度。在液态时，能将 10% 的碳化钨溶解于其中，冷却后，碳化钨颗粒在钴或镍中形成碳化钨的固溶体。采用这种金属作碳化钨颗粒的粘結剂，可以保证硬质合金具有足够的强度，用作凿岩工具材料。所以，在硬质合金生产中，只用钴和镍作粘結金属。

难熔金属的碳化物中，又仅有碳化钨能溶于钴和镍中，其他难熔金属的碳化物很少溶解，甚至不溶解于其他金属中（包括钴和镍）。所以，现在的硬质合金都是以碳化钨为基础的。

直到现在，镍尚未广泛地用作制造工具用的硬质合金中，因为用镍作粘結金属制造的硬质合金，按其强度来说，尚不如钴作粘結金属制造的硬质合金。

第三节 硬质合金生产工艺簡介

金属陶瓷硬质合金的生产工艺，主要是压制粉末混合料和将压制品进行加热处理的过程，加热处理就是在低于混合料主要组分的熔点的温度下进行燒結。这样的生产方法，称为粉末冶金法或金属陶瓷法。利用粉末冶金的方法可以制取难熔金属的合金或熔点相差很大的合金，以及互不相混的金属制成合金。金属陶瓷法的优点，就是不需要进行机械加工，即可生产出制品。

生产金属陶瓷硬质合金的主要原料是化学纯的金属氧化物——三氧化钨 (WO_3) 及氧化钴 (Co_3O_4)。此外,还使用炭黑,作碳化钨的碳的来源,采用橡胶汽油溶液作粘结剂。

钨钴硬质合金的生产工艺流程如图 1 所示。

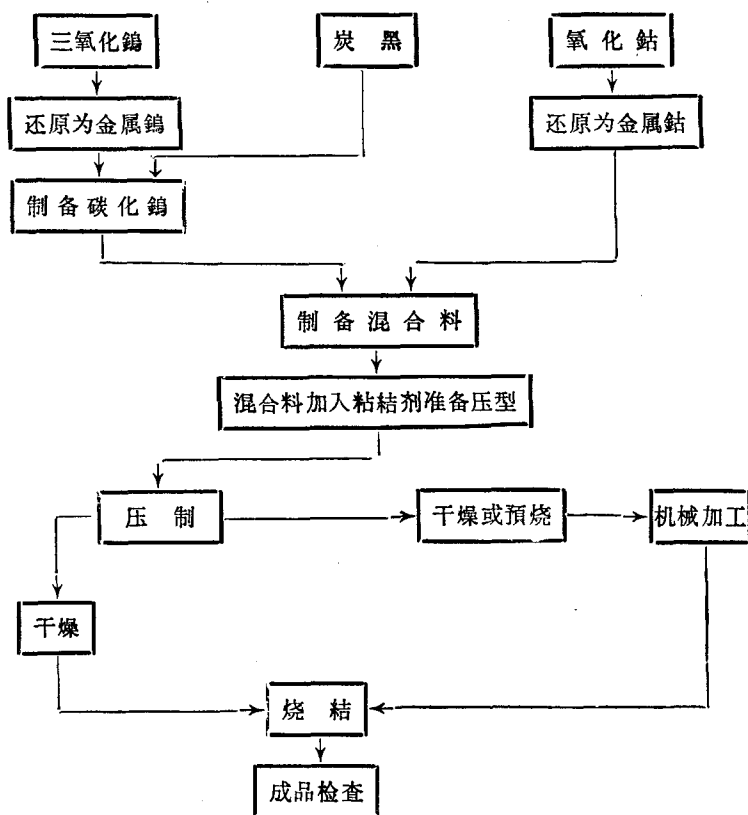


图 1 硬质合金生产工艺流程

以下简要地叙述硬质合金生产的几个主要工序。

金属粉末的制取 从上图看出,硬质合金生产的第一道工序是用氢气或碳将三氧化钨还原为金属钨,用氢气还原氧化钴。用炭黑还原时,采用灯黑,将三氧化钨和灯黑按一定的比例混合,然

后加热进行还原。

还原采用馬弗炉，使氢气連續不断地在炉內通过，氢气流的方向与舟皿推进的方向相反，还原溫度約 900°C ，而用碳还原的溫度則較高，約为 $1500\sim 1600^{\circ}\text{C}$ 。用氢气还原鈷的溫度較低，約为 $480\sim 700^{\circ}\text{C}$ ，还原是在管式电炉中进行的。金属鈷粉有塑性，不能进行研磨，但要通过325~350网目的細篩过篩。

延长还原時間和提高还原溫度，就会使还原成的金属顆粒增大，还原的数量也增多。因此，改变鈷粉的还原工艺，就可以制取各种不同粒度的鈷粉，从而可以制造物理机械性能完全不同的同一化学成分硬质合金。

碳化鈷的制取 金属陶瓷硬质合金中只采用碳化鈷 WC，因为碳化二鈷的性能不稳定，难以制造化合物，并且不与其他金属形成固溶体和合金。碳化鈷的制取方法是：在还原好的鈷粉中加入煅烧炭黑，然后在球磨机中混合均匀，炭黑在混合物中的含量为 $6.2\sim 6.6\%$ 。将混合料装入特制的石墨舟皿中，舟皿装入炉內，在 $1350\sim 1600^{\circ}\text{C}$ 下进行碳化，碳化时的溫度根据制取碳化鈷粉粒度的要求来确定。

在碳化过程中，不会产生碳化鈷顆粒的增大現象，碳化鈷粉粒度的大小主要决定于原来鈷粉粒度的大小。例如，細顆粒的鈷粉只能制取細顆粒的碳化鈷粉。

从炉內卸出的碳化鈷呈灰色块状，需用球磨机磨碎，然后过篩，便得到粒度均匀的碳化鈷粉。

混合料的制备 将制备好的碳化鈷粉和金属鈷粉按所需配制的硬质合金牌号的百分比配合，置于球磨机中混勻。球磨时，加入液体介质（甲醇或乙醇），可获得良好的效果。

磨好的混合料，置于蒸汽干燥櫥中进行干燥。因为每批混合料的制备，都有其独特的性能，所以，将各个球磨机中混合好的各批混合料进行合批（再混合），使其混合质量均匀，合批后，将所有的混合料进行篩分，篩分使用特制的振动篩。

压型混合料的制备 压制硬质合金制品之前，制备好的混合

料中要加入粘結剂。这种粘結剂能使混合料的顆粒在压型时減少裂紋，粘結剂本身应具有韌性，又有粘結性，且能使压制品具有足够的强度，在干燥或燒結时，又容易从制品中揮发掉，同时，又不能留下其他矿物杂质。一般所采用的就是人造橡胶汽油溶液。

压型混合料的制备过程，就是将粘結剂溶液注入粉末混合料中，仔細地进行混合，然后进行干燥，将溶液揮发后，再用金属篩网进行篩分，使其粒度均匀。这是十分重要的操作过程，如混合料中有未被粘結剂溶液浸潤的部分，或者混合料中夹有結块，則在进行压制时，不可避免地会出现分层、脏化等废品。

硬质合金的混合料流动性极小，这就会影响到混合料在压模中的均匀分布和良好充填，特别是采用自动压力机压制时，压制

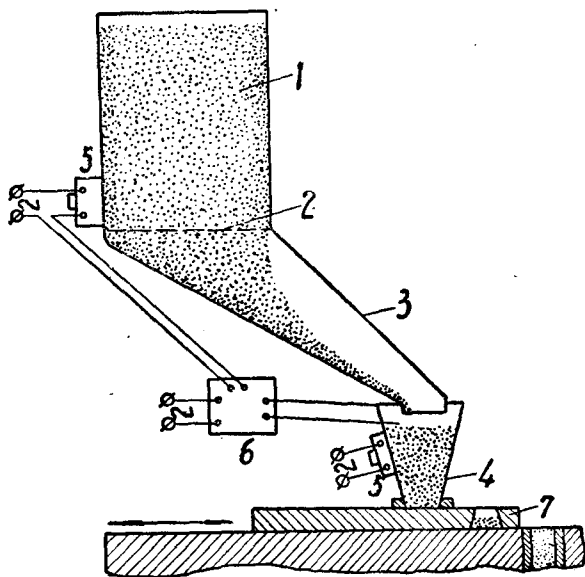


图 2a 振动給料机

1—未制粒的混合料；2—篩网；3—主漏斗；4—間隔漏斗；

5—电力振動器；6—水平传送器；7—料孔

前，应使粉末具有很好的流动性，因此，必须进行制粒，即将极细小的粉末滚制成小球状。近年来采用自动压力机压制硬质合金毛坯时，使用特制的振动給料机，可以保证自动地将料装入压模中，使其分布均匀充填良好。装于自动压力机上的振动給料机如图 2 a 所示。

硬质合金压制品的重量按下式计算：

$$G = V_{\text{en}} r_{\text{en}} K$$

式中 G —— 粉末重量，克；

V_{en} —— 根据设计图纸计算的制品的准确体积，厘米³；

r_{en} —— 该牌号合金的平均比重，克/厘米³；

K —— 压制和烧结过程中重量的总损失系数。

压制混合料的重量损失包括粘在压模上的料和修整压制品时除去的毛刺，在现代的硬质合金生产水平条件下，这一系数一般为 1.02~1.04。生产实践证明，按上式计算的标准制品，其重量的偏差不超过 ± 3%。

制品压型 将制备好的混合料按设计要求的重量称量后装入压模中进行压制，模孔（单孔或多孔的）中的混合料在冲头的作用下，在模孔中压制成型，所以，压制每一规定型号的制品时，都有一套压模。压制品应具有足够的强度。在压制时，压力过大会造成分层现象，所以，压力必须适当，既不能过大，也不能过小。这样才能保证制品密度均匀，从而保证制品质量的均一性。

特殊制品按照订货方的特殊要求，需要制造特殊的压模进行压制，制品的形状十分复杂时，毛坯压制好后，作必要的机械加工，制成所需要的形状。

硬质合金生产中，使用最广的是钢压模，采矿工业上使用的硬质合金片的压模就属这一类，如压制 K11 型合金片使用的是可拆卸的钢压模（见图 2 b）。

采用这种压模时，制品的压型是沿其窄面进行的，这样能使压制品的两斜面直接处于冲头的作用下，可以减小压模所占的位置，并使模孔中的混合料能合理地分布。采用自动压力机压制

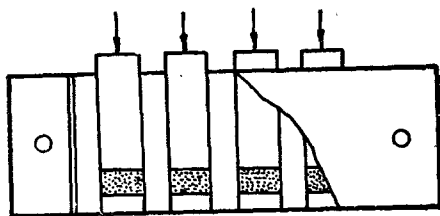


图 2b 压制硬质合金片的多孔压模

时，压力与制品的宽面垂直。

复杂形状的制品，可采用挤压的方法压制，挤压槽的断面形状就是制品的形状。

压制可采用水压机和各种型号的自动压力机。

压制品干燥 为了使压制品有足够的强度，以便于装舟烧结和进行半成品加工，需要在 $80\sim 130^{\circ}\text{C}$ 下进行干燥。干燥后，就可以从制品中消除粘结剂的挥发物及制品压制时所产生的内应力，使压制品具有足够的强度，不致在装舟或半成品加工时损坏。

干燥温度很低，干燥时间长，同时粉末颗粒有极大的密集性，可能发生颗粒的聚合过程，因此，除去粘结剂挥发物时，制品不致产生裂纹。

压制品烧结 烧结是硬质合金生产的最后一道工序。在烧结后，压制品就具有硬质合金的各种可贵的性能：高硬度、高耐磨性以及足够的强度。

压制品烧结是硬质合金生产中一道很重要的工序，这一工序的实质就是使钴熔化，同时，细粒的碳化钨而后是粗粒的碳化钨溶解于钴中。这种碳化钨在钴中的溶解度不大，不超过10%，很快地就达到饱和状态，碳化钨颗粒停止溶解，同时，粘结金属钴就将碳化钨颗粒紧密地粘结起来，形成一种碳化钨合金。

在合金冷却后，钴溶液中的碳化钨就分解成很细的晶粒。从溶液中析出的碳化钨晶粒的大小取决于结晶速度和持续的时间。

大晶体的出現是結晶時間較長的結果。此后，液相的凝固过程和溶体的結晶同时发生，于是就完成了固熔体的形成过程。

燒結是在 $1400\sim 1500^{\circ}\text{C}$ 下，在专用的炉內进行的。将压制品装入石墨舟皿中（舟皿的断面和炉管的断面相同），然后，小心地撒上几层填料，以免制品在舟皿中活动，并用石墨板盖好，再将舟皿装入炉中进行燒結。炉內通入氢气，氢气流的方向和舟皿推进的方向相反。

燒結的时间决定于制品的化学成分和尺寸。在燒結过程中，炉內的舟皿是緩緩地向前推动的。其推进的速度视制品的加热速度而定。燒結制度对硬质合金的比重和密度有决定性的影响，只有正确地执行燒結制度，才能获得正常的比重；不遵守燒結制度，就会造成废品。合格的合金制品的各个断面的致密度是均一的。

制品燒結后，会产生很大的收縮，綫尺寸的收縮有达 $17\sim 25\%$ 的，也会产生变形和弯曲。所以，燒結后的制品要进行检查。

成品检查 燒結制品的表面在噴砂处理后，作表面检查，若制品有起皮、凸泡、分层、裂紋、弯曲和掉边掉角等現象，即为不合格品。部分可修的废品，經修理后亦可作为合格品，不能修理的部分即为最終废品。

除上述表面检查外，作切削刀片用的硬质合金須进行切削性能的試驗；作采矿工具用的合金片，則应作使用强度和耐磨性試驗，制品經過上述一系列的严格检查后，方能交付包装。

第四节 硬质合金的主要性能

硬质合金的物理机械性能、物理化学性能及使用性能主要决定于其化学成分和組織結構。中国和苏联所采用的硬质合金，按其成分可分为两类，即鎢鈷合金和鎢鈷鈦合金。

鎢鈷合金工具主要用于鑄鉄、有色金属和非金属材料的切削加工，压力加工，冲击迴轉凿岩和旋轉钻进岩石。鎢鈷鈦合金仅

用于鋼材的切削加工。

为了更有效地使用硬质合金，必須了解其主要性能，茲分別叙述于下：

1. 抗压强度 硬质合金的抗压强度超过了所有已知的天然材料和人造材料，为400（含鈷量高的合金）~600（含鈷量低的合金）公斤/毫米²（淬火鋼材的抗压强度为350~360公斤/毫米²）。

2. 耐磨性 耐磨性是抵抗摩擦作用的能力，这种性能是极其錯綜复杂的，并与其他性能，如化学成分、硬度等有关。

合金的硬度和密度愈大，通常耐磨性也就愈大。当其他条件一致时，合金的顆粒愈細，其耐磨性就愈高。

硬质合金的耐磨性，比最好的高速鋼要高15~50倍。

合金的耐磨性，在金属切削加工中，起着极大的作用，特别是在鋼材加工的連續切削刀具不断磨損时，尤为显著。鎢鈷鈦合金由于在加工鋼材的过程中，表面产生一层氧化鈦薄膜，使鋼屑不易粘附于合金片表面，摩擦值也小，所以，耐磨性比鎢鈷合金高。

3. 硬度 硬质合金的硬度为 $R_{\Delta} 86 \sim 92$ （荷重60公斤，用金刚石錐），随着含鈷量的降低而提高。鎢鈷鈦合金的硬度和耐磨性还随其中碳化鈦的含量的增加而提高。在合金中，含鈷量相同时，鎢鈷鈦合金的耐磨性高于鎢鈷合金。

硬质合金的化学成分和碳化鎢顆粒的大小，对其硬度都有影响，碳化鎢的含量愈高，合金晶体的分散度愈大，硬度就愈高。

4. 抗弯强度 硬质合金的抗弯强度在75公斤/毫米²（T60）~280公斤/毫米²（G30）之間。在合金中，含鈷量相同时，鎢鈷鈦合金的抗弯强度高于鎢鈷合金；合金的抗弯强度又随含鈷量的增加而提高，并与合金中碳化鎢顆粒的大小有关：粗顆粒合金的抗弯强度較細顆粒的为大，这是由于碳化鎢顆粒增大后，碳化鎢总面积減小的緣故。

所以，設計、制造和使用硬质合金工具时，必須考虑到硬质