

小批量生产 硬质合金

〔苏〕И.М.牟哈 著

机械工业出版社

ТВЕРДЫЕ
СПЛАВЫ
В МЕЛКОСЕРИЙНОМ
ПРОИЗВОДСТВЕ

25.3

87
TF125.3

2
3

小批量生产硬质合金

〔苏〕И.М.牟哈 著

周安生 译

BK46/0



机械工业出版社

B

387817



本书对工业企业中一些工段，在小批量生产条件下制造特种非标准硬质合金毛坯及制品中的一些主要问题进行了研讨。介绍了硬质合金的各种压制及烧结方法、废品的种类、防止产生废品的的方法以及硬质合金质量的检测等。书内列举了主要非标准设备的性能，提出了改进烧结硬质合金的前景。本书还对硬质合金生产工艺过程中的废料处理，电火花加工设备用电极，即高强度材料的生产工艺及其物理机械性能和电腐蚀性能等问题进行研究。

本书可供硬质合金、工具及机械制造工业部门的广大工程技术人员以及冶金、机械制造专业的高等院校师生参考。

ТВЕРДЫЕ СПЛАВЫ В МЕЛКОСЕРИЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

КИЕВ «НАУКОВА ДУМКА» 1981 И. М. МУХА

* * *

小批量生产硬质合金

〔苏〕 И. М. 牟 哈 著

周安生 译 杨雨浓 校

*

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南街一号）

（北京市书刊出版业营业许可证出字第117号）

北京市密云县印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 850×1168¹/₃₂·印张 5¹/₄·字数131千字

1987年1月北京第一版·1987年1月北京第一次印刷

印数 0.001—1.100 定价 1.60 元

*

统一书号：15033·6139

引 言

在“1981~1985年和到1990年期间，苏联社会和经济发展的基本方针”中规定的任务是，在现代科学技术成就基础上，大力加速国家工业发展的步伐。苏联将发展和向企业供应高速机床、压机和其它工艺设备，（在使用高寿命装置和工具时，这些设备能够充分发挥效率）以及建立成套电子计算机控制的高效率金属加工设备摆在重要的地位。为了使这些设备能够充分发挥效率，就必须用高寿命的工具进行装备。

五年计划规定扩大金属加工工具的生产，特别是扩大天然和人工合成金刚石、超硬材料和高精度硬质合金刀片以及数控机床用的切削工具及辅助工具的生产和应用。这些问题的解决是与高强度硬质合金工具的研究、制造及其应用密切相关。现在苏联硬质合金工业生产30多种牌号的硬质合金，从产量上看名列世界前茅。然而，这些硬质合金主要是以制造国家标准切削工具的刀片形式和仅小量的以标准工具（钻头、铣刀，拉丝模、凿岩钻头）形式供给用户。

此外，硬质合金工业还不能向国家各工厂充分提供小批量生产所需要的各种规格和形状的硬质合金毛坯，而且现在还没有镶嵌硬质合金用的特种装置和工具（冲模、压模、冷镦模、特种切削工具、量具）的制造厂。高速压机和数控机床采用特种硬质合金工具时，在保证产品质量优异的情况下，可将生产效率提高几十倍。因而，目前在一些企业中，已经建立或正在建立生产硬质合金及硬质合金工具的专门工段。但是，由于不熟悉硬质合金生产这种复杂的工艺过程，加之又缺乏专门文献和情报资料，在许多情况下，致使部分稀缺的硬质合金成为废品，而对制造和使用

嵌镶硬质合金的装置及工具的尝试，往往以失败而告终。

本书叙述的材料，概述了多年来一些实验室及工厂应用现代的压制及烧结方法，综合生产小批量的形状复杂的非标准硬质合金毛坯的经验。书中列述了主要非标准设备的性能、硬质合金质量检测方法，以及由生产硬质合金工艺过程中的废料来研制电火花加工设备用的电极工具——新型高强度复合材料的实验数据。

目 录

引 言

一、硬质合金生产	1
(一) 硬质合金的特征和性能	1
(二) 制取BK、TK 合金毛坯、零件的工艺和方法	4
1. 生产硬质合金用混合料的制备	5
2. 硬质合金混合料与粘结物质的混合	6
3. 硬质合金毛坯成形	9
(三) 烧结硬质合金	57
(四) 烧结时的废品种类	76
(五) 硬质合金质量检验	79
(六) 硬质合金生产用主要设备性能	94
(七) 劳动保护和安全技术	102
(八) 改进烧结硬质合金的前景	106
二、硬质合金废料的利用	117
(一) 废料的种类及其处理方法	117
(二) 增塑毛坯机械加工过程中形成的硬质合金废料还原的简 要工艺	118
(三) WC-Co合金基电极工具材料的研究	123
(四) 添加 BN的BKM复合材料	137
(五) [TiC-WC]-WC-Co合金基电极工具材料	140
(六) 被加工材料表面层的结构变化	145
(七) 应用硬质合金废料制成的电极工具材料的经济效果	146
结束语	150
附表1 根据ГОСТ3882-74烧结硬质合金物理-机械性能	151
附表2 硬质合金使用性能及应用范围的特性	152
参考文献	158

一、硬质合金生产

(一) 硬质合金的特征和性能

俄国科学家П.Г.索博列夫斯基 (Соболевский) 是粉末冶金方法的创始人，他于1827年在世界上首次发表了关于压制海绵铂，随后用烧结法获得制品的论文。现在粉末冶金法获得了极其广泛的应用。因为它与那种熔炼、铸造及随后进行机械加工的方法相比具有很多特殊性及优点。用烧结法代替熔化，可以降低烧结过程的温度，用比重和熔点明显不同的互不相溶的组分来制取合金，可以制取形状复杂、尺寸精确的制品〔1〕和特殊结构的制品（例如规定的孔隙度）。此外，用粉末冶金方法可以经济地为机床和工具制造各种零件及毛坯，这是因为在生产过程中损耗少而又无加工余量等所致。在批量生产条件下，用铁粉压制每1000t制品可以节约1200万卢布或2250t钢材，减少230名左右工人及大约50台金属切削机床〔2〕。

苏联的烧结硬质合金产量占其粉末冶金总产量的30%以上〔2〕。硬质合金在工业上得到如此广泛地应用是由于它具有特殊的性能，在均衡状态下，它具有很高的硬度，甚至在高温时也能保持这种高硬度。

美国的Haynes公司于1907年首先发展硬质合金生产。最初是生产钴铬司太立合金，其合金成分大致为：Co50%、Cr30%、W10%、C2~3%及少量铁、硅、锰。1914年德国的珞曼公司研制了钴探工具堆焊用铸造碳化钨。

二十世纪初期，出现了高强度材料，从而要求制造新的工具合金。1923年什廖捷尔 (Шпё-тер) 发明了WC—Co硬质合金，

1927年克虏伯公司（德国）首先研制和生产称为《维迪阿》的烧结硬质合金，其成分为碳化钨和钴。

1929年在苏联出现了硬质合金。当时是由莫斯科灯泡厂研制和投入工业生产，这是被称为《胜利》牌号的碳化钨基硬质合金，钴添加量为9%。

烧结硬质合金成分，是以硬度极高而又难熔的化合物与低熔点的塑性金属相结合，这种金属被称为胶结（粘结）金属。这些复合材料所需的性能及结构是在事先将规定成分的难熔组分于合金制造过程中不产生熔化的条件下达到的（如碳化钨、碳化钛、碳化钽）。在难熔化合物及粘结组分粉末混合料的压坯烧结时，粘结组分产生熔化，溶解少量的硬质难熔化合物（难熔化合物通过粘结金属的液相产生再结晶作用）。

现代烧结硬质合金的基体是类似金属的硬质物体，它是由碳、硼、氮与化学元素周期表中的过渡元素——钛、锆、钽、钒、铌、钽、铬、钼及钨形成的化合物构成。上述难熔金属的碳化物、氮化物和硼化物具有很高的熔点（从2000到4000℃）、硬度及弹性模量。这些物质对于酸、碱及水蒸汽在化学及耐腐蚀方面都是稳定的；它具有明显的金属特性，特别是具有很高的导热性和导电性。在大多数情况下，他们具有代表性的所谓间隙相结晶结构。

到目前为止，在制造烧结硬质合金中得到实际广泛应用的所谓硬质化合物还只有碳化物，主要是单一碳化钨（WC）、碳化钛（TiC）和碳化钽（TaC）。碳化铬（ $\text{Cr}_3\text{C}_2\text{-Ni}$ ）和无钨硬质合金（ TiC-Ni-Mo ， Ti(C,N)-Ni-Mo ）目前尚处于工业推广阶段。在国际市场上确认的主要硬质合金种类，按其碳化物基体成分可分为以下三大类：

钨—钴硬质合金（WC—Co）。这类牌号合金添加少量碳化钽；

钨—钴—钛硬质合金（WC—TiC—Co）；

钨-钴-钛-钽硬质合金(WC-TiC-TaC-Co)。

WC-Co类合金。碳化钨(WC)具有相当高的硬度及难熔性,而且碳化钨是所有已知碳化物中唯一具有一定塑性的碳化物,这也是碳化钨作为一种组分能够加入到各种工业牌号硬质合金中的一个主要因素。所有用其它难熔化合物取代硬质合金中碳化钨的尝试都没有获得成功。碳化钨的高硬度与它所具有的一定塑性相结合决定了形成不太牢固的W-C化合键。

钨-钴合金工业牌号根据钴的含量(从3~25%)、碳化物相(WC)的粒度及制造工艺的不同而有所区别。这类合金依含钴量不同又大致可分成三个亚类:低钴合金(3~8%)、中钴合金(10~15%)和高钴合金(20~30%)。

第一亚类合金在无冲击负荷条件下使用,由于它具有很高的耐磨性,所以可以适用以下几方面:用于切削加工铸铁和非金属材料,部分适用于精加工钢材;装备承受应力和冲击力不大的拉丝模工具;杆式切削工具(钻头、铣刀、铰刀、丝锥)和一些矿山工具(钻探比较松软岩石的风钻头、割矿机契齿及旋转钻机钻头)。第二亚类合金用于冲击负荷条件下,主要用于坚硬的和极坚硬岩石的风钻、装备冷镦模工具、部分用于强化冲压工具。第三亚类合金具有很高的冲击韧性,用于装备冲压工具及制造在冲击条件下使用的零件。

WC-Co硬质合金的主要缺点之一是均质相区域非常狭窄(6.06~6.12% C),当原始混合料含碳量稍许改变,特别是在毛坯烧结过程中,缺碳现象将导致很脆的 η_1 -相的生成,而当含碳量过量时,在合金中就会出现游离碳。无论是前者或是后者都会显著地降低合金的物理机械性能。

WC-TiC-Co类合金。TK牌号合金的成分是硬度高而又耐磨的钛-钨碳化物,它是一种形成于碳化钛中的碳化钨固溶体。当钨-钴-钛硬质合金在1450~1550℃下烧结时,碳化钨在碳化钛中的溶解度大约为72~75%。WC在TiC中形成固溶体时,其硬

度显著提高，当固溶体中含WC为20~25%时，其硬度达到最高值。

WC-TiC-Co合金主要用于切削加工钢材，它与WC-Co类合金的区别在于，它在高温下切削刃前面由于连续滑动《排屑》的作用而具有抗生成《月牙洼》的特性。这就保证了刀具有很高的强度，并可用于高速切削，但是其强度稍低于WC-Co类合金。

第二类合金依据碳化钛含量不同，并针对不同的使用条件分为低钛合金、中钛合金及高钛合金三种，其中强度最大的是含TiC5~6%、Co 9~12%的低钛合金。这种合金用于制造重切削加工钢材工具（在冲击负荷条件下切削加工壳体）。

TiC含量为14~15%、Co6~8%的中钛合金，适用于制造次重切削工具（粗切削、半精切削及精切削、连续和断续切削、半精铣和精铣、打孔、铰孔）。高钛含量合金（TiC30%）主要用于制造小截面切屑和无冲击负荷条件下的精切削工具。

WC-TiC-TaC-Co 类合金与WC-TiC-Co类合金一样，主要用于切削加工钢材。工业牌号含量通常是TiC4~8%，TaC3~12%，Co9~12%，余量为WC。第三类合金性能取决于碳化钛含量。其应用范围基本上与第二类合金相同。

硬质合金牌号及其物理机械性能参见ГОСТ3882-74（附件1），苏联生产的硬质合金特性、使用性能及主要使用范围参见附表Ⅱ。

（二）制取BK、TK合金毛坯、零件的工艺和方法

烧结硬质合金制造工艺过程有以下几个主要工序：制备混合料，混合胶结物质；根据零件的几何尺寸采用不同方法压制成形；为排除毛坯中的橡胶（石蜡）和使毛坯具有一定的强度要进行预烧；最终烧结；烧结合金的质量控制。

1. 生产硬质合金用混合料的制备

在小批量生产工段不生产硬质合金成分中的各种粉末组分，因此，在此不讨论制取这些组分的工艺过程。同时也不生产各种牌号的硬质合金混合料，但是，有时要求改变混合料的成分，以便生产特种工具或从现有的两种牌号中制备另一种牌号混合料。下面对这些问题进行简要的讨论。

制备生产硬质合金用混合料的主要条件，是根据指定的合金牌号，在相应地指定批号范围内粘结剂和碳化物之间的均匀分布。生产硬质合金，主要是用机械混合法，碳化物和粘结金属，于液体介质、蒸馏水或酒精中进行相当长时间球磨。湿磨介质能改善粘结金属和碳化物颗粒的分布并破坏颗粒的积聚及结团。此外，在液体介质中混合，能防止混合料粘附在球磨桶壁”这种现象在球磨机中进行干磨时经常发生。

制取混合料的质量主要看粘结金属在碳化物颗粒间分布是否均匀，这在很大的程度上取决于球磨时间。在球磨开始阶段，钴在碳化物中重新分布的过程进行非常剧烈，而后则逐渐减弱。球磨时间过长，则可能恶化混合料的性能⁽³⁾；由于粉末高度分散，可能被溶解于酒精或水中的氧所氧化。同时，还必须考虑到，粉末混合时间过长，混合料因受到球磨筒和球的磨损使产物严重脏化。因此，混合应在衬有硬质合金板的球磨机内进行。

在制造厂制取混合料，以及用户工厂必须改变混合料的成分时，都必须进行相应地计算⁽³⁾。例如：当用两种不同混合料配制成另一种混合料时，应计算混合料的总重量(kg)：

$$G = G_1 + G_2$$

其中钴总含量(kg)：

$$G = 2 \frac{p}{100} = G_1 \frac{p_1}{100} + G_2 \frac{p_2}{100}$$

式中 G_1, G_2 ——分别为第一组分和第二组分混合料重量, kg;

p_1, p_2 ——分别为第一组分和第二组分混合料中含钴量, %;
 p ——为最终混合料中含钴量, %。

假如已知混合料的一种组分重量以及混合料中指定的和实际的粘结金属含量, 则称重可按照如下公式计算:

$$G = \frac{G_1(p_2 - p_1)}{p_2 - p_1} \quad (1)$$

$$G_2 = G - G_1$$

试讨论下例。设有BK6与BK15混合料100kg, 现在必需制备BK8混合料。根据公式(1)可求出总重量为:

$$G = \frac{100(15 - 6)}{15 - 8} = 128.6(\text{kg})$$

那么, 就必须取BK15混合料 $128.6 - 100 = 28.6\text{kg}$

在已知混合料总重量的情况下, 可按下式之一计算出每种成分混合料的重量:

$$G_1 = G \frac{p_2 - p}{p_2 - p_1} \quad (2)$$

$$G_2 = G \frac{p - p_1}{p_2 - p_1} \quad (3)$$

假定要求由BK3和BK15二种组分混合料(其钴含量分别为3%和15%)改配300kg BK10的混合料。根据公式(2)可以求出BK3混合料的需要量。

$$G_1 = \frac{300(15 - 10)}{15 - 3} = 125(\text{kg})$$

根据公式(3)可以求出BK15混合料的需要量。

$$G_2 = \frac{300(10 - 3)}{15 - 3} = 175(\text{kg})$$

2. 硬质合金混合料与粘结物质的混合

硬质合金混合料与粘结物质混合以前, 建议混合料预先过150

目筛。过筛是为了除去异种颗粒和破坏团聚颗粒。在硬质合金混合料中因为塑性成分(钴)含量低,所以干粉末压制性能不好。为了改善压制性能,就要求添加一些粘结物质(乙二醇、甘油、合成橡胶汽油溶液、石蜡、蜜蜡、石蜡与蜜蜡综合粘结成型剂),粘结物质能提高混合料的压制性能和增大压坯强度。在硬质合金工业生产中采用合成橡胶汽油溶液作为粘结物质。橡胶溶液在使用以前,要通过专门的过滤器仔细过滤,过滤器由几层纱布构成,然后通过化学分析求出橡胶的含量:

$$N = \frac{p_2 - p_3 - p_1}{p_2 - p_1} \times 100\%$$

式中 N ——橡胶在溶液中的含量,%; p_1 、 p_2 、 p_3 ——分别为坩锅与盖的重量、装有橡胶与溶剂的重量和装有汽油经蒸发达到相应常规的重量,g。

制备橡胶汽油溶液的量,其浓度比实际应用所要求的略微偏高。计算出溶液中橡胶含量以后,在用手工混合时橡胶溶液浓度添加到4.5~5%,而用机械螺旋混合器混合时其橡胶溶液浓度添加到8~9%。硬质合金混合料混合橡胶溶液是用手工在混合盘中进行或是在机械螺旋混合器中进行。

必须指出:凡是与硬质合金混合料相接触的料盘、铲子、料桶及其它器具,均应该采用不锈钢制。

硬质合金混合料与橡胶溶液必须特别仔细进行混合,以使混合料的每个颗粒能为橡胶溶液薄膜所包复。当用不符合要求的手工搅拌混合料时,橡胶产生移动,并在料浆表面形成橡胶堆积,汽油产生蒸发,从而在混合料中形成局部橡胶堆积,并导致在合金中产生孔隙。其结果是在烧结以后使硬质合金的机械性能急剧下降。

当采用双层螺旋混合器进行机械混合时,则橡胶分布均匀。在这种情况下,于液流下降处有橡胶团块积集,这些团块在下一步搅拌时也不能完全破碎。为了更均匀搅拌混合料,橡胶溶液的

数量应该使混合料具有酸奶油那样的稠度。为达到这个目的，所需要的溶液数量取决于合金牌号和粒度的大小，一般用手工混合时为 $180 \sim 250 \text{ cm}^3/\text{kg}$ ，机械混合时为 $80 \sim 125 \text{ cm}^3/\text{kg}$ 。

在手工或机械混合以后，混合料于 $100 \sim 120^\circ\text{C}$ 温度下干燥 $0.5 \sim 1 \text{ h}$ ，随后通过№0.40型筛网。

在开始混合、干燥及储存混合料时，必须考虑到部分细颗粒钴粉是呈氧化状态，而当混合料长期储存和干燥时与空气相接触，钴粉就会进一步发生氧化。此外，混合料吸附周围介质中的空气和水蒸气，当下一步进行烧结时，这些空气及水蒸气就会严重影响毛坯的质量。因此混合料在混合和干燥过程中，必须采取一切措施来减少硬质合金混合料的脏化。

称量。称量按下式计算：

$$G = V_{\text{сп}} \gamma_{\text{сп}} K$$

式中 $V_{\text{сп}}$ ——烧结制品的体积， cm^3 ，按图纸尺寸计算（考虑留有机加工量为 $0.3 \sim 0.9 \text{ mm}$ ）； $\gamma_{\text{сп}}$ ——该牌号混合料的平均密度或出厂证上数据， g/cm^3 ； K ——计算系数，考虑压制和烧结过程中总重量损失（模壁上的损失及清理毛刺），一般取 $K = 1.02 \sim 1.04$ 。称量允许偏差为 $\pm 3\%$ 。

在计算经预烧的烧结毛坯时，必须对原取的收缩系数 K_y 进行修正（压制和烧结制品的线尺寸比例）。在研究过程中，多次验证收缩现象（计算的和实践的）在用不同牌号合金中的存在。影响 K_y 值的有以下几种因素，即硬质合金混合料中含钴量的波动、制品体积计算的正确性、压模和压机的精确度及称量的误差。

预烧后可以计算更精确的收缩系数：

$$K_y = \sqrt{\frac{\gamma_{\text{сп}}}{\gamma_{\text{спр}}}}$$

式中 $\gamma_{\text{спр}}$ ——预烧后的密度。

$$\gamma_{\text{снр}} = \frac{p_{1\text{сн}}}{V_{1\text{сн}}}$$

式中 $V_{1\text{сн}}$ ——预烧后毛坯的体积；

$p_{1\text{сн}}$ ——预烧后毛坯的重量。

3. 硬质合金毛坯成形

现在在小批量生产硬质合金当中，为了生产出单个的或小批量的复杂及特复杂的零件而采用许多各种不同的成形方法。应用最广泛的是混合料在金属压模内，于 $0.5 \sim 1.5 \text{tf/cm}^2$ $\ominus$ 的压力下成形的传统压制方法，即所谓的直接压制法。

直接压制方法。硬质合金混合料的压制采用各种不同的压模（从简单的整体模到复杂的装配模），这些模具是由螺栓及楔块所连接的几部分组成。为了设计压模，必须计算压模内松装粉末与压块体积之间的比例。

$$V_{\text{нас}} = \frac{G}{\gamma_{\text{нас}}}, \quad V_{\text{пр}} = \frac{G}{\gamma_{\text{пр}}}$$

式中 $V_{\text{нас}}$ ——压模内自由松装粉末的体积， cm^3 ； $V_{\text{пр}}$ ——压件体积（压块）， cm^3 ； G ——粉末称重， g ； $\gamma_{\text{нас}}$ ——粉末松装密度， g/cm^3 ； $\gamma_{\text{пр}}$ ——压块密度， g/cm^3 。

粉末压缩比($\beta_{\text{сж}}$)按如下方程式计算：

$$\beta_{\text{сж}} = \frac{V_{\text{нас}}}{V_{\text{пр}}} = \frac{G}{\gamma_{\text{нас}}} \cdot \frac{G}{\gamma_{\text{пр}}} = \frac{\gamma_{\text{пр}}}{\gamma_{\text{нас}}}$$

因为计算压块密度实际上是有困难的，所以通常用如下公式计算：

$$\beta_{\text{сж}} = \frac{\gamma_{\text{сн}}}{\gamma_{\text{нас}} \cdot K^3}$$

式中 $\gamma_{\text{сн}}$ ——烧结合金的密度， g/cm^3 ； K ——烧结时线收缩系

$\ominus$ 原文为 T/cm^2 ，工程单位制为 tf/cm^2 ，法定单位为 Pa ， $1 \text{tf/cm}^2 = 98 \text{MPa}$ 译者

数。例如，在BK8混合料的情况下，其值为 $\gamma_{\text{cп}} = 14.5 \text{ g/cm}^3$ 、 $K = 1.22$ 、 $\gamma_{\text{пac}} = 3.2 \text{ g/cm}^3$

求得

$$\beta_{\text{сж}} = \frac{14.5}{3.2 \times 1.22^3} \approx 2.7$$

这样，在压制过程中，由于粉末受到压缩，压模的高度为压坯高度的2.7倍以上。

硬质合金成形用压模是用碳钢或合金钢制成。压模工作面镀铬，硬度为HRC58~62。

压制制品用压模，应最大限度地满足制品的尺寸精度，具有最小尺寸公差，所选定的压模应与压机相适应。将压模表面抛光成镜面并进行强化，其目的是为了防止压制时产生的应力和硬质合金粉末的影响。

工具钢制压模型腔镀铬可以取得降低摩擦系数和提高耐磨性的良好结果。在批量生产中采用硬质合金压模寿命为钢模的20~25倍。

当设计和制造压模时，特别是压制高毛坯时，必须注意到：毛坯的高度不应大于压模阴模部分的锥度。反之，在超过锥度的部位必将产生过压现象。

压制硬质合金混合料制品，一般是采用液压机和机械压力机：螺旋压机、摩擦压力机及曲轴压机。这些压力机在必要的方向上，保证达到足够高的压力；能控制行程、能控制压制速度和脱模速度；使冲头行程同步化（多行程压机）；保证控制和调节机构的合适位置。选择压机功率时必须是从硬质合金混合料压制压力为 $800 \sim 1500 \text{ kgf/cm}^2$ ⊙这一点出发。

在制造重量由1g到2~8kg的非标准硬质合金毛坯的专门工段及试验室通常配备5t、10t、25t、40t、60t、100t的液压机。工作

⊙ 原文为 kg/cm^2 ，工程单位制为 kgf/cm^2 ，法定单位为Pa， $1 \text{ kgf/cm}^2 = 0.098 \text{ MPa}$ ——译者

压力根据压力表按如下公式计算：

$$P_M = P \frac{F_{6p}}{F_{\pi\pi}} [\text{tf/cm}^2]$$

式中 P ——规定的压制压力， tf/cm^2 ； F_{6p} ——压制（压坯）面积， cm^2 ； $F_{\pi\pi}$ ——柱塞面积， cm^2 。

压制可一直压到制动器（限至垫圈、衬垫）而不需要使用压力表。在这情况下为了计算压件高度，需要将零件最终尺寸（按图纸），并考虑机械加工余量的值乘上该合金的收缩系数。

碳化物与钴混合料的压制，与一般金属粉末相比较具有某临独道之处。硬质合金混合料塑性小、硬度高和分散性大。大多数金属粉末能以纯净状态压实到使毛坯具有足够的强度，能够装炉进行烧结。用生产硬质合金的混合料制取的毛坯，在不出现裂纹（分层）的致密程度下是不能有足够的强度的，因为在这种毛坯中存在有非塑性碳化物颗粒。高度分散性的混合料。也不允许采用很高的压力（因为会发生《分层》裂纹）。因此，在压制以前必须向混合料中添加粘结物质。

压制任意形状制品时（简单的或复杂的），其主要任务是使各部位密度达到均匀，这只有在使平行压制方向的截面上各点压缩比相同的条件下才能实现。为了达到这个目的，必须采用各种并列冲头，混合料在压模模腔内要很均匀地扒平并控制压制速度。

一般在制备第一批毛坯（压块）以后，将其破坏来检验压件的质量（目测或感触）。如果密度过大，而且在破坏时，其分层现象是垂直于施压方向产生，这时就必须减少粉重。如果压件疏松，就必须增加粉重。但是用这种检验方法，不是在所有场合，都能有良好的结果，所以建议对检验压件（压块），进行最终烧结，然后用现行的方法检查压件的质量。

压制毛坯的干燥。刚刚压制后的压坯。没有足够的强度。如果是复杂形状的或异形的毛坯尤其如此。因此，压制后的毛坯必