

世界硬质合金手册及厂商

Kenneth J. A. Brookes

长沙有色冶金设计院

稀有情报室

译者说明

我室翻译了“世界硬质合金手册及厂商”一书。此书涉及的内容比较广泛，作者简要的介绍了硬质合金的整个生产过程，目前采用的工艺流程以及硬质合金刀片性能、加工、使用、分类、选择等方面情况。作者还根据已有的资料比较全面的介绍了世界各硬质合金厂商的简况及其生产的硬质合金刀片的牌号、成分、性能等方面的情况。所有这些对于我们了解国外硬质合金的生产情况多少有些帮助。

我室在翻译过程中，考虑到有些内容用处不大，如十二章、十五章的索引以及第十三章“公司资料”中各厂商的电报、电话的通讯号码都作了删节。还有相图以及产品的照片等，因复制能力有限，未予复制，读者如需要可参看原文。

由于翻译水平有限以及对国外生产硬质合金的厂商了解甚少，加之时间仓促，译文难免有错误和不妥之处，敬希读者批评、指正。

目 录

第一部分

1. 引 言	1
2. 硬质合金生产	6
2.1 由锡精矿制取金属锡粉	8
2.2 碳化锡的制取	11
2.3 $TiC-WC$ 复式碳化物的制取	12
2.4 $TiC-WC-TaC(NbC)$ 复式碳化物的制取	13
2.5 碳化钛基硬质合金	14
2.6 粉末混合料的制备	14
2.7 压制、予烧及成形加工	18
2.7.1 成型剂	20
2.7.2 压制	20
2.7.3 脱成型剂及予烧	21
2.7.4 成型加工	21
2.8 烧结	22
2.9 热压	25
2.10 热等静压制	25
2.11 涂层硬质合金	25
3. 硬质合金组成与结构	28
3.1 WC/Co	28
3.2 $WC-TiC/Co$	30
3.3 $WC-Ta(Nb)C/Co$	31
3.4 $WC-TiC-Ta(Nb)C/Co$	31
3.5 $TiC/Ni-Mo$	32

3.6.	Cr_3C_2/Ni	33
3.7.	钢和合金粘结的 TiC	33
3.8.	其它硬质合金	34
3.9.	涂层	34

• 4. 硬质合金的性质 36

4.1	密度	36
4.2	硬度	36
4.3	耐磨性	37
4.4	杨氏弹性模量 E	37
4.5	刚性模量 G	37
4.6	泊桑比 μ	37
4.7	抗弯强度	37
4.8	抗压强度	38
4.9	抗拉强度	39
4.10	冲击强度	39
4.11	疲劳强度	40
4.12	热膨胀系数	40
4.13	热导率	41
4.14	比热	41
4.15	矫顽磁力强度	41
4.16	电阻率	41
4.17	导热率	41
4.18	抗腐蚀	42

5. 例行试验和质量控制 47

5.1.	比重	47
5.2.	硬度	48
5.3.	显微结构	49
5.4.	断口	51

6. 硬质合金制品的设计	52
6.1 直接压制	52
6.2 压制和成形	52
6.3 设计要点	53
6.3.1 避免应力集中	53
6.3.2 避免过长或过薄的制品	53
6.3.3 避免断口的急剧改变	53
6.3.4 保持断口平行	53
6.4 等静压制	54
6.5 挤压	54
6.6 热压	54
6.7 热等静压	54
6.8 公差	54
6.9 硬质合金的牌号	55
7. 焊接和紧固方法	55
7.1 机械法	55
7.1.1 热胀和压配合	56
7.1.2 用细纹零件夹紧	56
7.1.2.1 通孔式	56
7.1.2.2 细孔式	56
7.1.3 楔块式	57
7.2 焊接	57
7.3 钎焊	57
7.4 非金属粘结剂	58
7.5 树脂的硬化	58
8. 精加工和其它烧结后加工	59
8.1 磨削	59

8.2	电火花加工	61
8.3	电化学加工	61
8.4	超声波加工	61
8.5	"常规"的加工方法	61
8.6	研磨和抛光	61
8.7	涂层	62
9.	机械加工用的硬质合金	62
9.1	切削工具的分类	62
9.11	按结构分	63
9.12	按操作方式分	63
9.13	按切削刃数分	63
9.14	按刃倾角分	63
9.2	正确选择各种操作需要的牌号	63
9.3	刃口结瘤和月牙洼磨损	63
9.31	切削刃的磨损	64
9.32	切削速度的影响	65
9.33	月牙洼	67
9.4	主要的切削数据	68
9.41	硬质合金	68
9.42	表面硬度和标硬度	69
9.43	焊接式刀具和夹固式刀具	69
9.44	切削深度	69
9.45	改进	69
9.5	木材切削刀具	70
9.51	锯片	70
9.52	刮刀和刨铁	70
9.53	其它的木材加工用刀具	70
9.6	加工其它材料	70
10.	切削加工的应用	79

10.1	凿岩和石工工具	79
10.2	金属成型工具	79
10.3	结构元件	80
10.4	耐磨零件	80
10.5	磨料	81

11. 硬质合金的分类 81

11.1	德国分类法	82
11.2	美国分类法	84
11.3	苏联分类法	87
11.4	ISO标准	91
11.5	英国分类法	92
11.5.1	硬度分类	94
11.5.2	抗弯强度分类	94
11.6	代用的分类法	95

12. 第一部分索引(未译)

第二部分

13. 公司资料 97

13.1	硬质合金供应厂商	99
13.2	硬质合金工具、模具等供应厂商	203

14. 硬质合金选择指南 229

14.1	硬质合金切削加工指南——ISO标准	230
14.2	硬质合金切削加工指南——BHMA标准	239
14.3	硬质合金切削加工指南——涂层牌号	265
14.4	有关硬质合金耐磨和耐冲击性能指南	270

15. 第二部分索引(未译)

硬质合金（或称烧结碳化物，粘结碳化物）是用粉末冶金的方法生产的一种具有很高硬度和耐磨性的合金。硬质合金中的碳化物颗粒藉胶结金属粘结在一起，在烧结温度下，胶结金属呈液态，各种硬质合金在成份和性质上，就象黄铜和高碳钢那样，存在着显著的差别。

虽然，在所有的硬质合金中并不存在有单一的元素，但就最早的用户来说，把硬质合金统称为“碳化钨”并不感到意外，最早用得最成功的牌号就是这种以碳化钨基的硬质合金，直到目前为止它仍然是生产量最大的一种硬质合金（表 1.1）

表 1.1 切削用的硬质合金主要牌号：

牌 号			成 分						性 质		
ISO 牌号	美 国 工 业 牌 号	BHMA 性能 牌 号	WC	TiC	Ta(Nb)	C	Co	NiMo	密度 克/厘米 ³	硬度 HV	抗弯 强度 牛/厘米 ²
P012	C8	919		80				20	5.8	1700	850
P013	C8	919	50	35	7		6		8.5	1900	1100
P05	C7	926	78	16			6		11.4	1820	1300
P10	C7	727	69	15	8		8		11.5	1740	1400
P15	C6	635	78	12	3		7		11.7	1660	1500
P20	C6	444	79	8	5		8		12.1	1580	1600
P25	C6	344	82	6	4		8		12.7	1530	1700
P30	C5	353	84	5	2		9		13.3	1490	1850
P40	C5	263	85	5			10		13.4	1420	1950
P50		182	78	3	3		16		13.1	1250	2300
M10		453	85	5	4		6		13.4	1590	1800
M20		363	82	5	5		8		13.3	1540	1900
M30		263	86	4			10		13.6	1440	2000
M40		273	84	4	2		10		14.0	1380	2100
K01	C4	930	97					3	15.2	1850	1450
K05	C4	830	95		1		4		15.0	1780	1550
K10	C3	741	92		2		6		14.9	1730	1700
K20	C2	560	94				5		14.8	1650	1950
K30	C1	280	91				9		14.4	1400	2250
K40	C1	390	89				11		14.1	1320	2500

注：以上数字各个制造厂家可能有很大变化。

在本世纪早几个年头就已发现，当高速钢的金基体中存在有很硬的碳化物，特别是碳化钨的颗粒时，显示出特别优异的切削性能。因此，随之而来的就是制备纯碳化钨的切削刀具。但在出产中遇到了很大的困难（需高达 2000°C 的高温），并发现制造出来的刀具很脆，无法投入工业生产使用。

卡尔·斯律特从 1914 年起就从事硬质合金的基础理论的研究，并取得了成果。他发现当碳化钨粉末与 10% 以内的金屑粉，如铁粉、镍粉或钴粉混合，所压制出来的压坯可以在约 1500°C 下进行烧结，所得到的产品具有低孔隙度、极高的硬度和很高的机械强度。

1927 年，弗雷德·克虏伯公司以“维地亚”商标（索金剛石）产销硬质合金。该公司至今仍沿用这个商标，生产量急速上升，1931 年产量为 1 吨，到 1944 年在钨资源严重短缺的情况下，全德国的硬质合金产量每月已超过 40 吨，相当于几十万隻刀片。

尽管硬质合金一些重要发明是在德国，而以后所取得的大哥进展是在美国、奥地利以及其他国家。

由于钨是一种战略金属，加上专利权的关系，从发展过程来看，硬质合金大致可以分成两大分支。一类是碳化钨基系合金，这一类合金处于不断的发展之中；另一类则是为避免采用碳化钨而发展起来的非碳化钨系硬质合金（表 1.2）

表 1.2 碳化钨基系硬质合金的发展历史

1923~25	WC-Co
1929~31	WC-TiC-Co
1930~31	WC-TaC(VC, NbC)-Co
1932	WC-TiC-TaC(NbC)-Co
1938	WC-Cr ₃ C ₂ -Co
1956	WC-TiC-Ta(Nb)C-Cr ₃ C ₂ -Co
1959	WC-TiC-HfC-Co
1960~69	WC-TiC-TaC(NbC)-HfC-Co

1968 ~ 69	WC-TiC-NbC(TaC)-HfC-Co
1955 ~ 73	TiC, TiN, Ti(C,N) 及 Al_2O_3 涂层 WC 基硬质合金
1967 ~ 70	亚微 WC-Co 合金
1965 ~ 71	热等静压制
1969 ~ 71	表面热化学硬化

表 1.3 非 WC 基系硬质合金的发展历史

1929 ~ 31	TiC-Mo ₂ C-Ni, Cr, Mo
1930 ~ 31	TaC-Ni
1931	TiC-TaC-Co
1931	TiC-Cr, Mo, W, Ni, Co
1938	TiC-VC-Ni, Fe
1944	TiC-NbC-Ni, Co
1949	TiC-VC-NbC-Mo ₂ C-Ni
1950	TiC(Mo ₂ C, TaC)-Ni, Co-Cr
1952 ~ 61	钢结合金
1957	2TiC-1TiB ₂
1965 ~ 70	TiC-Mo ₂ C(混合物)-Ni, Mo
1968 ~ 70	(Ti, Mo)C(固溶体)-Ni, Mo, Cr
1969 ~ 70	TiC-TiN-Ni

早期的研究首先提供经过改进的拉线模，其次是高性能的切削工具，最终则是将硬质合金应用到各种各样的模具、工具、耐磨零件以及机匣另部件上。约占硬质合金总产量的百分之五十用于矿山工具，另一方面，很多家庭都有旧件诸如碎石、钻、玻璃划刀、刀头磨头等硬质合金工具。

硬质合金的发展历史相对地说并不长，但曾经缺乏标准，高度的互相保密、封锁以及生产过于分散（特别是英国）之害，除了 1939 年 ~ 1945 年战争期间之外，当时德国及欧洲大陆的工业生产已完全标准化，而硬质合金却没有工业范围内的成份和性能标准可遵循。实际上，德国战时标准延用了相当长的时间，

自从战后发表了详细的标准以来，已成为很多制造厂家的依据。但遗憾的是，德国战时标准只是后来^才成为德国按用途分类的标准的基础，而不是按成份或性能分类的标准基础。这个标准以后发展成为现在的 ISO 标准。

在其他国家，特别是美国，也有类似的发展情况。美国沿用的是原有的“Buick”系统，尽管部份已不适用，最终还是被用作现行的工业标准，由于没有一个公认的比较的基础（除不太通用的英国硬质合金协会的标准外），尽管某些制造厂家并未承认，从用户的印象来看，采用同一标准牌号名的不同厂家的合金基本上是相似的，这是意料中的事。但事实上并不能保证这些牌号的合金成份、硬度、韧性、耐磨性能、切削性能或其他所有性能都一样。

况且，大多数的制造厂商多年来一直采取一种过度保密政策，这就在许多方面带来不良的后果。在大多数的情况下，对于制造厂商来说是无密可保。他们所有的生产工艺同样为他们的竞争者所熟知。然而他们在合作搞研究或销售方面都受到限制，一些比较先进的成果完全为少数几个主要厂商所独占，而其他大多数厂商从全局来看是没有多大意义的。

遗憾的是，由于各个生产厂商不合作造成的恶果以及工业分散而，在美国已经展示出来。在美国，尽管制造厂商很多，但销售却完全受进口垄断并受到外国资本的控制。

那么，本书的目的是什么呢？主要是想提供硬质合金的一个概貌，编者希望将有助于从市售的品种繁多牌号中正确地选用硬质合金，并对选用的合金结构性能有一个正确的认识。

本手册中的有关技术性章节并不能帮助用户建设一座硬质合金厂，对于现有的制造厂商来说，也并不很详细，不能对他们有多大帮助，作者只不过希望他们将找到自己所感兴趣的東西。

确切地说，本书是专为那些没有机会学习硬质合金生产这门课程的设计师，生产工程师和冶金师而编写的。

在本书的指南部分，较详细地列出了世界上现有的大多数硬质合金厂商和有关这些厂商现有产品情报资料，其中有很多是至今尚未发表过的，互相保密的风气依然盛行，特别是在一些转手

生产厂商之间显得特别严重（这些厂商只是把由生产厂最精进的硬质合金换一下商标），某一牌号的产品性能甚至今天和明天就出现很大的变化，这是经常可能遇到的。

在本书第一版的编写过程中，作者尽了很大的努力多方收集有关情报资料。但深恐遗憾的是仍有很多的遗漏，作者力求少出差错，对可能出现的错误，谨表歉意。作者对于所有有关修改、补充和商榷的提议表示欢迎。

作者对各国硬质合金和硬质合金工具厂商表示衷心的感谢，他们化费时间，为作者提供详细的调查表，解答作者提出的特殊问题并提出宝贵的意见和贡献他们的宝贵经验。没有他们的帮助，作者是无法完成这项工作的。

2. 硬质合金的生产

硬质合金生产过程长，工艺操作复杂。生产过程中的几乎每一个环节都关系到产品质量的好坏。从很多方面来看，这些过程是硬质合金生产所特有的。

最早的也是目前最主要的硬质合金产品是由细的碳化钨颗粒（即硬质的耐磨成份）和比较软的金属粘剂粘成。除碳化钨外，还常添加有诸如碳化钛、碳化钽、碳化铌、碳化锆、碳化钽、碳化铪、碳化锆，可以添加一种，也可组合同时加几种，也有以上述碳化物代替碳化钨的，而作为胶结金属，除钴外，同样也可以再添加镍或铜—钼，亦可同镍、铜—钼代替钴。

烧结产品常被比作“砖和砂浆”，这种比喻有它一定的真实性。因为“砂浆”（钴）在最终烧结时呈液态，而从烧结温度冷却下来以后，就凝结成固体，这就是它们之间的相似之处。

硬质合金的主要生产过程是：

金属钨粉的制备

碳化钨的制取

合金碳化物和其他碳化物的制备

加入粘粉以制备混料

压制

予烧

成形加工

最终烧结

这些工艺过程的相互关系见图 2.1。烧结产品很少直接使用，可经研磨，喷丸处理，或经涂层以得到更高硬度和能更耐高速的表层。

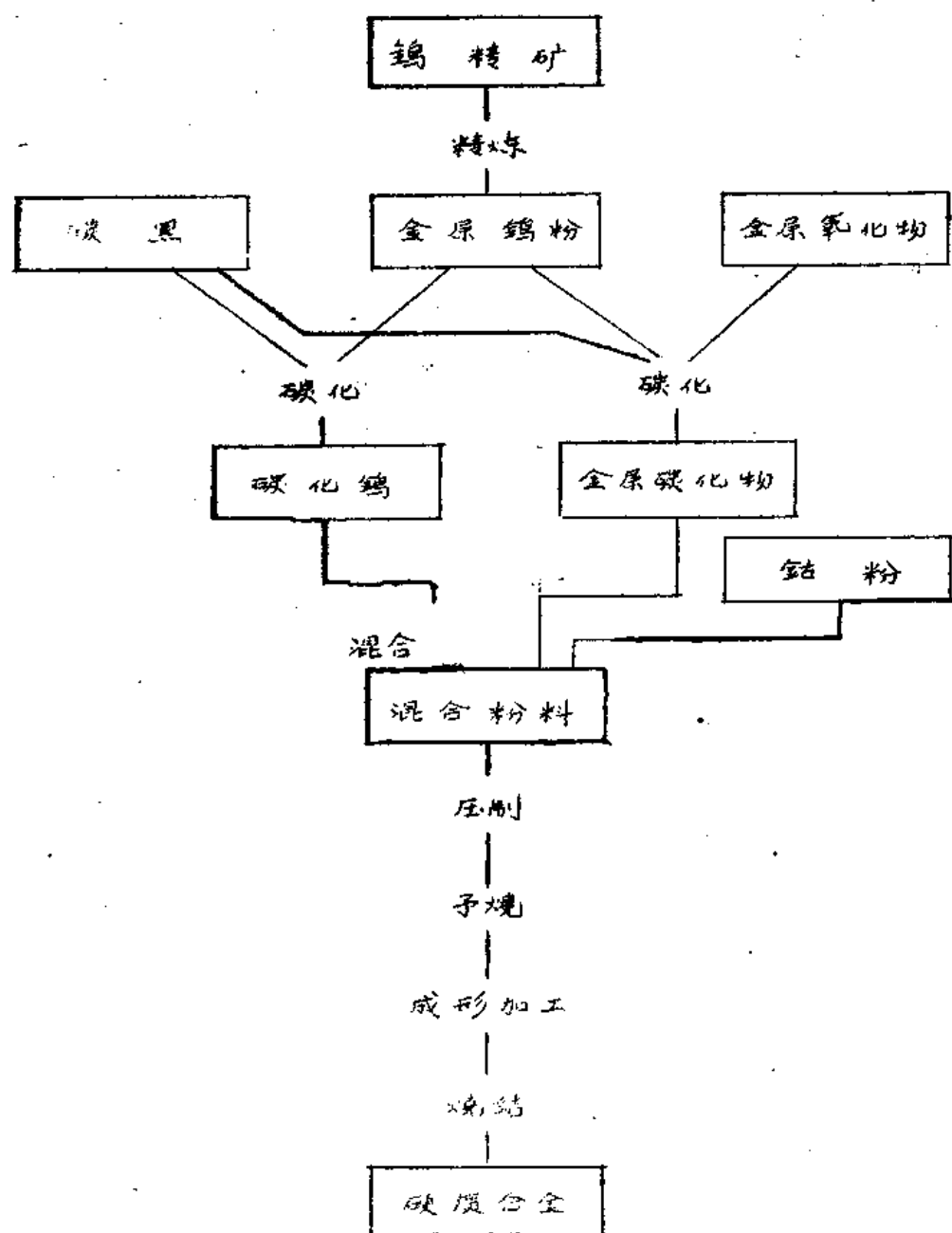


图 2.1 硬质合金生产流程图

2.1 由錫精矿制取金属錫粉

制造硬质合金所需的所有碳化物中，只有錫才是采用纯金属錫粉碳化的方法制得的。其他所有碳化物是由金属的氧化物直接碳化而制得的，省去了中间过程。最终产品的粒度和其他性能主要取决于錫粉的粒度和性能。所以要想在生产后一段的低一阶段来修正早先的差错那是困难的。

錫精矿主要有黑錫矿和白錫矿。至于它们的选择和处理，大部份超出了本文讨论的范围，况且只有极少硬质合金厂家是从錫精矿处理开始的。

錫精矿处理最典型的流程（图 2.2）是 錫精矿经破碎、磨矿和分级，然后用氢氧化钠处理得到锡酸钠溶液，锡酸钠溶液用盐酸中和，然后通入氢气，沉淀锡酸锡，进而再用盐酸分解以获得锡酸溶液。

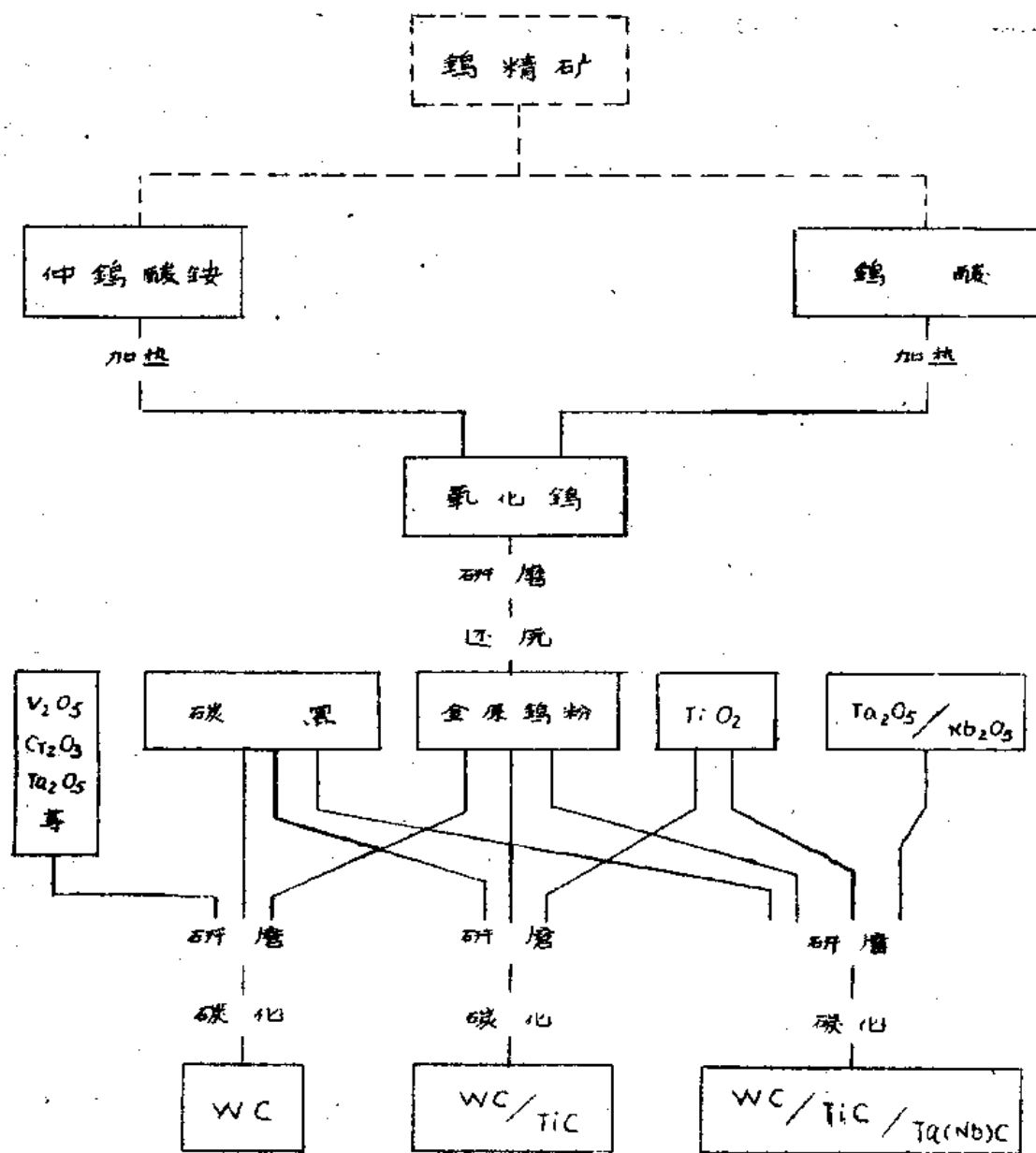


图 2.2 各种碳化物粉末生产简化流程图

钨酸可以直接转化为黄色的氧化钨 WO_3 ，它的粒度取决于钨酸的粒度及处理温度 and 气氛。另一种办法是将钨酸沉淀再经溶解

。经乙酸中和得到仲钨酸铵结晶，采用薄膜蒸发制备得到形状比较粗大的 $5(\text{NH}_4)_2 \cdot 0.12 \text{WO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 结晶，而在低温（低于 50°C ）结晶时，则沉淀出针状的钨酸铵 $5(\text{NH}_4)_2 \cdot 0.12 \text{WO}_3 \cdot 11\text{H}_2\text{O}$ 。

含 $5\text{H}_2\text{O}$ 结晶水的仲钨酸铵，根据它的粒度和干燥时的干燥条件，可以制得平均直径为 $1 \sim 5$ 微米或更粗一点的钨粉。含 $11\text{H}_2\text{O}$ 结晶水的仲钨酸铵的最终粒度更趋于一致，保持在 $0.8 \sim 1.2$ 微米之间。由钨酸所制备的粒度范围最大：极细的小于 0.25 微米，最大的达 10 微米，差不多在所有情况下，重要的是每一批的粒度应尽可能地保持一致，因为同一炉中粒度如有变化时将导致再结晶，在最终烧结时，晶粒就会进一步长大，并形成“软点”。这就是硬质合金厂强调调质控制 and 采用“粒度精制剂”（更通俗地可称之为“粒度长大抑止剂”）的最重要的原因之一。

高纯仲钨酸铵或钨酸经由氧化钨用氢气还原而制得全钨酸铵，高纯仲钨酸铵或钨酸常装在不锈钢料盘中经简单加热煅烧即得 WO_3 ，而 WO_3 还原成全钨粉则在通有干燥氢气的多带管或炉中进行，炉子可采用电热或燃气加热，要还原的料装在不锈钢或耐热的合金全制的器皿中半连续地通过炉管（长 $2 \sim 3$ ），全钨粉的制取可以采用一次还原，也可用二次还原，后者通过一个中间氧化物，典型为棕色的氧化物 WO_2 ，在高温时再还原成全钨粉，极细颗粒的钨粉是在最低的但又适用的还原温度，最长的还原时间和干燥氢气的条件下制得的，因而操作成本极高。

氢气中的水蒸气极易使颗粒长大，但水蒸气是还原过程本身所产生的。尽管可以采取一切预防措施，如对氢气进行预先干燥，但氢气与还原的粉料接触时间过长，就会吸湿。氢气干燥是使氢气通过活性氧化铝或五氧化二磷，或将氢气冷却至所需的露点温度（ $1 \sim 40^\circ\text{C}$ 或更低一点），由还原炉流出的氢气可使其在 500 燃烧掉，或通过氢气回收装置循环使用。循环使用可允许采用较高流速操作，这在经济上是合称的，但这样做很难保持氢气的最高纯度。

如上所述，钨粉粒度大致在 $0.25 \sim 10$ 微米之间变动，并体积差率大于 $60000 : 1$ 。通常，一微米称为细颗粒， $1.5 \sim 2$ 微米为中颗粒，而 $3 \sim 4$ 微米为粗颗粒，超细颗粒为 0.1 微米或