

86.1

GJJ

7

86.1

GJJ

7

国外建材工业概况

内部资料之七

合成金刚石

HECHENG JINGANGSHI

北 京 一 五 二 厂

国家建委建筑材料科学研究院技术情报室

毛主席语录

中国共产党是全中国人民的领导核心。沒有这样一个核心，社会主义事业就不能胜利。

思想上政治上的路綫正确与否是决定一切的。

我們的方針要放在什么基点上？放在自己力量的基点上，叫做自力更生。

打破洋框框，走自己工业发展道路。

毛主席语录

对于外国文化，排外主义的方针是錯誤的，应当尽量吸收进步的外国文化，以为发展中国新文化的借鏡；盲目搬用的方针也是錯誤的，应当以中国人民的实际需要为基础，批判地吸收外国文化。

洋为中用。

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。

編 者 的 話

在党的“九大”团结胜利路线的指引下，我国建材工业战线广大革命职工，坚决响应伟大领袖毛主席的号召，深入“进行一次思想和政治路线方面的教育”，通过看书学习，反骄破满，批修整风，提高了阶级斗争、路线斗争和无产阶级专政下继续革命的觉悟，增强了识别真假马克思主义的能力。在无产阶级政治统帅下，建材工业战线深入开展“工业学大庆”的运动，进一步贯彻毛主席“备战、备荒、为人民”的伟大战略思想，执行毛主席关于中央工业和地方工业同时并举，大型企业和中小型企业同时并举，洋法生产和土法生产同时并举等一整套“两条腿走路”的方针，使得革命蓬勃发展，生产蒸蒸日上。在超额完成一九七一年建材生产国家计划的基础上，正乘胜前进，为完成和超额完成一九七二年的国家计划和“四五”规划而努力奋斗！

为了多快好省地发展我国建筑材料工业，迅速赶上和超过世界先进水平，我们遵照毛主席关于“调查研究”和“洋为中用”的教导，编写了《国外建材工业概况》综合情报资料，分“水泥”、“水泥制品”、“建筑玻璃”、“玻璃纤维”、“玻璃钢”、“无机纤维及其复合材料”、“合成金刚石”、“砖瓦”和“工业废渣的综合利用”等九个分册出版，供各级领导和广大革命职工参考。

参加《国外建材工业概况》编写的单位有：江西省水泥制品科学研究所、江西省九江水泥船试验厂、陕西省实验砖

瓦厂砖瓦研究室、陕西省工业陶瓷厂玻陶研究室、南京玻璃纤维工业研究设计院、株洲玻璃工业设计研究所、哈尔滨玻璃钢研究所、北京一五二厂和国家建委建筑科学研究院技术情报室。

由于我們馬克思主义、列宁主义、毛泽东思想学习不好，水平有限，錯誤不当之处，請讀者批評指正。

一九七二年二月

目 录

第一部分 生产情况

一、总述	(1)
二、美国的情况	(8)
(一) 发展简史	(8)
(二) 生产情况	(9)
(三) 消耗情况	(12)
(四) 研究和发展	(13)
三、德·贝尔施公司及其合成金刚石的 生产情况	(14)
(一) 简史	(14)
(二) 生产情况	(16)
1. 在南非的工厂	(16)
2. 在爱尔兰的工厂	(16)
3. 在瑞典的工厂	(17)
(三) 品种	(17)
(四) 研究和发展	(19)
四、苏联的情况	(21)
五、日本的情况	(27)

第二部分 研究动态

一、靜压法 (30)

(一) 宝石級合成金刚石单晶 (30)

(二) 聚晶金刚石 (38)

1. 以石墨为原料, 用靜压触媒法直接燒結的方法 (38)

2. 用金刚石粉作原料用金属作粘結剂制成聚晶金刚石 (38)

3. 用硬磨料物质作粘結剂制造聚晶金刚石 (40)

4. 純金刚石粉的燒結 (46)

(三) 粗顆粒高强度 (48)

1. 改变压力和溫度的升高或降低的程序 (48)

2. 改变触媒的形状 (49)

3. 改变触媒的成份 (50)

4. 添加少量抑制剂 (52)

5. 适当增加金刚石中氮的含量 (53)

(四) 降低合成温度和压力的触媒及助触媒 (53)

(五) 金刚石合成机理 (55)

二、动力法 (57)

(一) 爆炸法 (57)

1. 爆炸合成 (57)

2. 爆炸燒結 (68)

3. 复爆炸燒結 (69)

(二) 液中放电法 (69)

三、在金剛石亚穩定区域中

生长金剛石 (71)

(一) 气相法 (71)

(二) 液相外延生长法 (74)

(三) 气液固相外延生长法 (*VLS* 法) (75)

(四) 常压高温合成法 (76)

四、新型超硬材料 (77)

五、超高压設備 (81)

附表目录

表 1: 1961—1970 世界天然金剛石产量 (見 2 頁)

表 2: 1967—1970 世界合成金剛石生产能力 (見 2 頁)

表 3: 国外生产合成金剛石和立方氮化硼的企业一覽表 (見 4 頁)

表 4: 国外合成金剛石品种 (見 6 頁)

表 5: 世界工业金剛石消耗量 (見 6 頁)

表 6: 历年来美国合成金剛石产量 (見 9 頁)

表 7: 美国通用电气公司的合成金剛石牌号 (見 11 頁)

表 8: 美国合成金剛石輸入情况 (見 11 頁)

表 9: 美国生产、輸入、回收、消耗、輸出工业金剛石 (包括天然和合成) 的情况 (見 12 頁)

表 10: 美国在 1962 年和 1969 年工业金剛石各种用途的消耗量 (見 12 頁)

表 11: “De Beers” 磨料一覽表 (見 18 頁)

表 12: 苏联合成金剛石牌号 (見 24 頁)

表 13: ACM、ACH 的粒度 (見 25 頁)

表 14: ГОСТ 9206-70 中研磨粉的粒度組成 (見 25 頁)

表 15: ГОСТ 9206-70 中金剛石微粉的組成 (見 26 頁)

表 16: 合成金剛石的压縮强度 (見 26 頁)

- 表17: 日本小松合成金剛石牌號 (見29頁)
- 表18: 用鈷作粘結劑的聚晶金剛石的各種試樣的諾氏硬度 (見40頁)
- 表19: 純金剛石粉燒結的金剛石的結果 (見47頁)
- 表20: 使用粒狀觸媒的結果 (見50頁)
- 表21: 立方氮化硼的生成條件和觸媒 (見79頁)
- 表22: 超高压產生方法的比較 (見82頁)
- 表23: 各種靜壓法高压裝置的比較 (見85頁)

附 圖 目 录

- 圖 1 在54千巴下穩定的 Ni-C 相圖 (見33頁)
- 圖 2 在54千巴下 Ni-C 系相圖的放大部分 (見33頁)
- 圖 3 在52.5千巴和1665°K下 Ni-C 系的四相無變條件 (見34頁)
- 圖 4 57千巴下 Fe-C 系相圖 (見36頁)
- 圖 5 供籽晶金剛石上結晶用的試樣架。雙熱電偶用來測量壓力和溫度 (見37頁)
- 圖 6 試樣裝配用硬磨料作粘結劑製造聚晶金剛石的壓力溫度條件 (見42頁)
- 圖 7 用硬磨料做粘接劑製造聚晶金剛石的試樣裝配 (見42頁)
- 圖 8 純金剛石粉燒結金剛石的裝配圖 (見48頁)
- 圖 9 杜邦公司爆炸裝置示意圖 (見63頁)
- 圖10 美國聯合化學公司爆炸法方案之一 (見65頁)
- 圖11 聯合化學公司方案之二 (見66頁)
- 圖12 聯合化學公司方案之三 (見67頁)
- 圖13 聯合化學公司方案之四 (見67頁)
- 圖14 爆炸燒結裝置示意圖 (見68頁)
- 圖15 液中放電裝置示意圖 (見70頁)
- 圖16 常壓高溫法合成金剛石的熔爐 (見77頁)
- 圖17 ASEA萬噸壓機上用的高溫高压模具 (見84頁)
- 圖18 幾種新設計方式的超高压發生裝置 (見84頁)

第一部分 生产情况

一、总 述

众所周知，金刚石是自然界存在的物质中最硬的一种物质。它和冶金、煤炭、石油、机械、仪器仪表、电子工业以及空间技术有着密切的关系。

在工业中广泛采用金刚石工具可提高劳动生产率，提高产品质量，为生产自动化创造条件，并解决一些特殊加工问题。因此，它正在引起一场工具革命。

近年来，对金刚石的物性有进一步了解，为金刚石开拓了新的应用领域。例如，在电子技术中，利用Ⅱa型金刚石在室温附近的良好导热性，将它用作固体微波器件及固体激光器的散热片，在提高这些器件的输出功率和性能方面，取得显著效果。利用Ⅱb型金刚石的半导体特性，将它制成金刚石整流器、三极管和温度计。此外，在核物理技术中，金刚石还被用作粒子计数器。现在，已用人工方法制得了P型和n型半导体金刚石。据最近报导，人工制造Ⅱa型金刚石也已获得成功。

工业金刚石是一种重要的战略物资。历史上，一次、二次世界大战及美帝侵朝战争期间世界上工业金刚石的消耗量都曾急增。例如，1940年世界上工业金刚石的消耗量仅为700万克拉，（1克拉=200毫克，1克=5克拉，1公斤=5000克拉），1941年就增加到1,200万克拉，1942年为1,820万克拉，1943年和1944年达1,900万克拉^[1]。

近几年的世界天然金刚石产量列于表1，合成金刚石生产能力列于表2。

表1 1961~1970年世界天然金刚石产量(单位: 百万克拉)

年 份	产 量 资料〔3〕	产 量 资料〔4〕	产 量 资料〔5〕	产 量 资料〔6〕
1961	34.0			
1962				
1963	32.6			
1964			30.1	
1965			29.3	
1966	34.6		31.1	38
1967	42.7	39.0	31.2	40
1968		41.0	30.3	44
1969	43.9	43.0	31.2	47
1970	51.9	44.0		52

表2 1967~1970年世界合成金刚石生产能力(单位: 百万克拉)

年 份 国 家	1967		1968		1969		1970	
	资料 〔4〕	资料 〔5〕	资料 〔4〕	资料 〔5〕	资料 〔4〕	资料 〔5〕	资料 〔4〕	资料 〔5〕
美 国	8	8	11	11	13	13	15	14
苏 联	6	6	8	8	10	10	10	12
南 非	2.5	2.5	5	5	7	7	7	8
爱 尔 兰	1	1	4	4	6	6	7	7
瑞 典		0.3		0.5		1		2
其 他 国 家*	0.5	0.2	2	1.5	4	3	5	4
总 计	18	18	30	30	40	40	44	47

* 资料〔4〕的“其他国家”包括瑞典、日本、捷克、西德等；资料〔5〕的“其他国家”只包括日本、捷克、西德等，瑞典的生产能力单独列出。由表2可看出，两份资料仅在1970年有区别。

目前，进行工业生产的国家和地区有美国、苏联、南非、爱尔兰、瑞典、日本、西德、捷克等。

世界各国生产金刚石和立方氮化硼（硬度接近金刚石但耐温性超过金刚石的一种新超硬材料）的机构列于表3。

目前，国外合成金刚石生产方面的特点是：

①大型设备投入生产（例如万吨级两面顶^[2]）；

②产量增长很快。1957年美国首先投入工业生产，当时产量仅为1万克拉，1970年世界总产量估计超过四千万克拉。增加了四千倍。

③由单一品种发展成为适用于不同用途的多种品种（见表4）。

④用特定的设备和工艺专门生产某种牌号的金金刚石。例如在爱尔兰的珊嫩合成金刚石工厂用三台万吨压机专门生产SDA型金刚石，供锯片用^[2]。

⑤价格已比同类型天然金刚石便宜。

⑥合成金刚石已用于制造钻头。

据德·贝尔施公司1967年统计，近半世纪来，世界上工业金刚石的消耗量以平均每年10%的速度增长。而同时期工业增长速度平均每年为4%^[23]。

近几年世界工业金刚石消耗量估计如表5

主要国家消耗工业金刚石的情况如下：美国消耗最多，1969年为19百万克拉，其中碎钻石（Crushing bort）、磨粒（Grit）和粉（Powder）是16.1百万克拉。在所有消耗中，合成金刚石占50%，天然金刚石占40%，回收金刚石占10%^[5]。1970年为16百万克拉。

苏联未公布它的消耗数字。估计它仅次于美国，列居第二。

表 3 国外生产合成金刚石

国 家	生 产 机 构	地 点	开工日期
美 国	通用电气公司	底特律, 密执安州	1957
		沃辛頓, 俄亥俄州	
	杜邦公司	Gibbstown, 新泽西州	
	联合化学公司		
苏 联	超硬材料研究所試驗工厂	基輔	1961
	“伊里奇”磨料厂	列宁格勒	
	莫斯科硬质合金联合工厂	莫斯科	
		斯摩棱斯克, 俄罗斯	1965
		埃里溫, 亞美尼亞	
	波尔塔瓦合成金刚石和金刚石工具厂	波尔塔瓦(乌克兰)	1966
南 非	超高压联合公司	約翰內斯堡附近的斯普临茲	1961
爱尔兰	超高压联合公司	珊嫩	1963
			1970
瑞 典	通用电气公司	Vasterds	
	斯堪迪亞芒公司	Robertsfors	
日 本	小松金刚石工业株式会社	神奈川县平塚工場	1963
	日本油脂公司	爱知县武丰工場	1971
西 德	肯普頓电冶公司	慕尼黑	
捷 克	Pramet公司	雄珀克	1968

和立方氮化硼的企业一览表

制 造 方 法	产 品	商 品 名	资料来源
静压触媒法	金刚石	Man-Made	〔7〕
静压触媒法	立方氮化硼	Borazon	
	金刚石	Man-Made	
爆炸法	金刚石		〔7〕
爆炸法	金刚石		〔8〕
静压触媒法	金刚石		〔9〕
	立方氮化硼	Кубонит	
静压触媒法	立方氮化硼	Эльбор	〔9〕
静压触媒法	“巴拉斯”型金刚石		〔10〕
静压触媒法	金刚石		〔11〕
静压触媒法	金刚石		〔12〕
静压触媒法	金刚石		〔13〕
静压触媒法	金刚石	De Beers	〔14〕
静压触媒法	金刚石	De Beers	〔7〕
静压触媒法	金刚石		〔2〕
静压触媒法 	金刚石		〔7〕
静压触媒法	金刚石		〔7〕
静压触媒法	金刚石	Perma-dia	〔15〕
爆炸法	金刚石		〔16〕
爆炸法	金刚石		〔5〕
静压触媒法	金刚石	Pramet	〔17〕

表 4 国外合成金刚石品种

制 造 者 牌 号 品 名	德·貝 尔 施 公 司	美国通用 电 气 公 司	苏 联	日 本 小松公司
树脂或陶瓷結合用磨粒	RDA	RVG	ACO	KRV-S KRV-A
金属結合用磨粒	MDA-S MDA	MBG-P MBG-Ⅱ MBG-T	ACB	KMB
鍍銀金刚石磨粒	RDA-55N DXDA-50C	RVG-W	ACO-M	KRV-SP
鍍銅金刚石磨粒	RDA-50C	RVG-D		KRV-SC
鋸片用磨粒	SDA	MBS	ACK	
金属結合鋸片用磨粒		MBS-70		

取自資料 [15、18、19、20、21、22]。

表 5 世界工业金刚石消耗量

年 份	消耗量 (百万克拉)	資 料 来 源
1960	21	[23]
1966	40—45	[23]
1969	45—50	[24]
1970	65—80	[24]
1975	100—125	[24]

日本为每年一千万克拉^[25]。

在西欧，西德和英国是最大的消耗者，其次是法国、比利时、荷兰和意大利。英国每年消耗4~5百万克拉^[5]。

其他大的消耗者是加拿大（估计每年1.5百万克拉）、澳大利亚（估计每年0.5百万克拉）^[5]。

在工业金刚石的消耗中，金刚石粉占18%，制砂輪用金刚石占36.5%，鋸片用金刚石占20%，钻头用占12.75%，工具和拉絲模用金刚石占12.75%^[18]。

一个国家的金刚石工业的发展是与該国的金刚石应用的发展、工业的机械化和自动化的程度、工业生产中的劳动生产率的水平有着密切的关系。例如，美国是世界上消耗金刚石最多的国家，美国的金刚石工业在一定程度上反映了美国的經濟状况。1971年的某国外刊物认为^[5]，1970年美国工业不景气，它的工业金刚石的消耗必然下降。

在工业中应用金刚石的水平可根据鋼产量与金刚石消耗量之比来衡量。这一指标集中了一个国家对各种用途的金刚石的需要。

据苏刊1971年报导^[26]，如果已经使用金刚石加工的那些部門百分之百地改用金刚石加工，那末冶炼一百万吨鋼就需要40万克拉以上的金刚石。根据这一估算，那末1970年需要約240百万克拉。而实际上，1970年世界工业金刚石消耗量估计为65~80百万克拉，即只有27%~33%左右。

世界、美、苏、日、英、加拿大等生产一百万吨鋼所需要的工业金刚石数量估算如下：

世界：1970年为10.9~13.4万克拉

1971年为12.3~15.0万克拉

美国：1970年为13.5万克拉

苏联：估計为12.3万克拉

日本：1970年为10.7万克拉

英国：1970年为14.1~17.6万克拉

加拿大：1970年为13.4万克拉

由于新型的、鍍金属的金刚石磨料的出現，使得金刚石工具可对鋼鉄之类的材料进行加工，因此估計今后工业金刚石的消耗量还要大大增加。

二、美国的情况

(一) 发展簡史

在二次大战以前，美国哈佛大学的高压物理学家布里季曼，在諾頓公司、通用电气公司和金刚砂公司的援助下，在实验室的1000吨压机上，在3万大气压，3000°C下开始进行合成金刚石的試驗。二次大战结束后，諾頓公司把布里季曼的工作接过来，开始研究。后来，由于资金方面的困难，建議和通用电气公司共同研究。在1951年末，通用电气公司开始了合成金刚石的研究。其后几年中，进行了高温高压装置的改进和各种方案的試驗，最后在1954年，用“Belt”型高温高压装置，从溶解于熔融金属的碳合成了金刚石，并于1955年春，在杂志上正式报导合成金刚石获得成功^[27]，在1959年发表了合成方法的概略^[28]。

1957年9月通用电气公司首先投入工业生产^[1]。此后，在美国許多实验室和公司相继发表合成金刚石成功。例如：1960年陆军信号队研究和发展实验室使用同通用电气公司不同的装置（girdle型）合成成功^[29]。1960年空军康布里季研究中心的电子材料实验室发表了他們的实验結果^[1]。1960年諾頓公司发表合成金刚石成功^[30]。1961年，斯坦福