

《国外机械工业基本情况》参考资料

磨料磨具人造超硬材料

一机部 郑州磨料磨具磨削研究所编

第一机械工业部科学技术情报研究所

一九七九年

内容简介 本资料为《国外机械工业基本情况》磨料磨具人造超硬材料部分，主要内容是介绍英、美、日、法、苏等国磨料磨具人造超硬材料的产量、品种、构成比、生产工艺与装备概况，技术性能特点与发展趋势和科研动态。可供本专业工程技术人员、教学工作者和有关领导参考。

磨料磨具人造超硬材料

— 机部郑州磨料磨具磨削研究所

(内部资料)

*

第一机械工业部科学技术情报研究所编辑出版

机械工业出版社印刷厂印刷

北京市中国书店 上海市科技书店 重庆市新华书店

经 售

*

1981年4月北京

代号: 79—58 定价: 1.15 元

前 言

磨料磨具是对工件进行磨加工时必不可少的工具。磨加工在现代加工技术中占有很重要的地位，因为它是目前加工高精度、高光洁度零件和各种难加工材料的最经济和有效的方法之一，所以一些国家常常把磨加工在机械加工中所占的比重，作为衡量机械加工工艺水平的一个标志。随着航空、冶金、电力、造船、汽车、轴承、精密机床和仪表等工业和科学技术的发展，磨削加工的范围不断扩大，磨料磨具的应用更加广泛，它在现代工业中的作用日益重要。预计到1985年，目前切削加工中有1/4将由磨削来完成⁽¹⁾。

磨料有天然磨料和人造磨料。人造磨料又分金属和非金属以及超硬磨料和普通磨料等类别，如：磨料

1. 天然磨料——天然金刚石、天然刚玉、石榴石……。

2. 人造磨料：（1）金属磨料——钢丸、钢粒、钢砂；……（2）非金属磨料：①超硬磨料（超硬材料）——人造金刚石、立方氮化硼……；②普通磨料——各种刚玉、碳化硅、碳化硼……。

除天然金刚石以外，其它天然磨料以及人造金属磨料主要用于滚筒抛光、喷砂加工或作一般自由研磨以及砂纸等用，对现代工业来说，应用较广和比较重要的是人造非金属磨料。

磨具按产品可分为砂轮、砂瓦、磨头、油石、砂布砂纸和研磨膏等六类，前四类统称为固结磨具，砂布砂纸之类统称为涂附磨具。按所用磨料分，可分为超硬磨具和普通磨具。超硬磨具包括金刚石和立方氮化硼磨具；普通磨具的含义一般应指用普通磨料制成的各类磨具，但习惯上常特指用普通磨料制成的固结磨具，即各种刚玉和碳化硅材质的砂轮、砂瓦、磨头和油石。

人造金刚石等超硬材料的问世是磨料磨具发展到一个新水平的重要标志。国外人造金刚石和立方氮化硼这两种材料是分别在五十年代末和六十年代初投入生产的，虽然它们出现的时间不长，但进展非常快，平均每年以约10%的速度增长。目前，人造金刚石年产总量已超过七千万克拉，有40多个品种，单晶生产可供粒度达0.8毫米，高强度和聚晶金刚石已推广并实际应用到制造大型锯片、车刀、拉丝模、修整工具以及地质、油井钻头等方面，金刚石磨削已经普遍全面推广。立方氮化硼用于磨削难加工材料及各种钢材，显露出有独特的优点，正在生产中逐步推广，其聚晶产品也已进入实用的阶段，有人预测到1985年，精细磨削中约有30%将由金刚石或其相似的磨具来完成。

与金刚石相比，近年国外普通磨料磨具品种和产量的增长，显得比较少，但这并不能说，普通磨料磨具没有发展或发展的慢了。如果说，由于超硬材料的出现，在精密加工、主要是磨削硬质合金和其它难加工材料方面，普通磨具已部分地让位于金刚石或立方氮化硼，那么，在加工普通钢材和其它一般材料方面，普通磨料磨具的应用范围还在不断扩大，应用的水平达到了新的高度，特别是与磨床和磨削工艺的改进互相配合，在提高磨削效率上，取得了很大的成效。某些高效磨具的生产率已可以和车铣等相媲美。

为了便于叙述起见，对国外磨料磨具的一些基本情况，在下面分为普通磨料磨具以及超硬材料两个部分进行介绍。

目 录

前言

第一章 国外普通磨料磨具基本情况	(1)
一、国外普通磨料磨具产量及构成比.....	(1)
二、国外普通磨料磨具主要企业简介.....	(12)
三、国外普通磨料磨具产品情况.....	(31)
四、国外普通磨料磨具生产工艺与设备概况.....	(42)
五、国外普通磨料磨具标准化工作概况.....	(52)
六、近年国外磨料磨具发展特点及今后趋向.....	(52)
第二章 国外人造超硬材料基本情况	(60)
一、概述.....	(60)
1. 超硬材料的耗用量.....	(60)
2. 超硬材料的产量.....	(61)
二、行业和企业情况.....	(64)
三、产品.....	(68)
1. 国外超硬材料产品的种类.....	(68)
2. 七十年代发展特点.....	(70)
3. 主要国家和公司产品一览.....	(71)
4. 各国超硬材料牌号对照.....	(80)
四、合成工艺与装备.....	(82)
五、产品质量检验.....	(88)
六、产品技术性能.....	(94)
七、超硬材料制品.....	(98)
附、国外主要制品厂名录.....	(101)
八、科研动态和学术活动.....	(101)
1. 科学研究机构.....	(101)
2. 知名科学工作者.....	(103)
3. 近年研究课题及展望.....	(105)

第一章 国外普通磨料磨具基本情况

一、国外普通磨料磨具产量及构成比

(一) 产量及几个主要国家的行业概况

七十年代中期国外普通磨料磨具产品的年产量，估计磨料约140万吨，固结磨具约87万吨，涂附磨具约46000万平方米。

几个主要国家的情况如下：

1. 美国

美国是国外磨料磨具产品发展最早的国家，至今在产品产量、质量和生产技术上仍占资本主义各国的首位。表1-1列出美国磨料磨具行业规模和产值增长以及各年代每个职工平

表1-1 美国磨料磨具历年产值⁽²⁾

单位：千美元

年份	企业数	职工总人数	生产工人数	生产净值	平均每职工年产值
1933	77	5867	1890	18810	3.2
1939	124	11321	7734	44765	3.96
1947	254	21042	16068	127954	6.1
1954	312	22345	15756	198983	8.9
1958	354	23955	15971	277706	11.6
1963	378	29170	18583	416415	14.8
1966	—	33490	28300	619900	17.8
1967	361	27200	18900	426700	15.4
1972	392	24500	17200	529600	21.6

均年产值的一些数字。从表上可以看到美国磨料磨具行业现有企业近400个，职工约25000人，全年净产值达五亿多美元。四十年来，其职工人数增长了4.2倍，净产值增长28.2倍，即职工人数平均每年增长约3.7%，产值每年增长约9%，每个职工平均年净产值在三十年代为3700美元，四十年代为6150美元，五十年代为10300美元，六十年代为16200美元，1972年达21600美元，可以粗略的估算其劳动生产率平均每年增长速度约为4.6%。

美国普通磨料的产量约占国外总产量的28%，其生产基本上控制在诺顿、卡普伦登、通用磨料、埃克沙伦等六家公司（见表1-2）的手里。磨料首先由这几家公司设在加拿大尼亚加拉瀑布区的工厂，利用当地廉价的电力炼制出结晶块，然后运回美国进行再加工。

美加地区普通磨料历年产量如表1-3。

从表1-3可见美国的磨料产量时高时低，波动较大。1971年以后，产量逐年略微上升；且1974年总产量超过了其历史上最高的一年（1966）的总产量，但从品种看，刚玉仅和1966

表 1-2 美、加生产磨料的几个主要公司及产品⁽³⁾

公 司 名 称	生 产 磨 料 种 类			
	棕刚玉	白刚玉	锆刚玉	碳化硅
诺 顿	⊖	⊖	○	○
卡普伦登	⊖	⊖	○	⊖
通用磨料	⊖	⊖	○	○
埃克沙伦	○	○	○	○
西门子	○	○		
电气-耐火材料和磨料				○

- ⊖ 在美、加两地都有厂
○ 只在加拿大设厂

表 1-3 美、加地区普通磨料历年产量⁽³⁾

单位：千吨

年 份	普 通 磨 料 产 量		
	刚 玉	碳 化 硅	合 计
1949~1953 (平均)	164.7	70	234
1955	178	68	246
1960	178	121	299
1961	123	113	236
1962	164	104	268
1963	144	98	242
1964	154	118	272
1965	175	124	299
1966	220	143	363
1967	186	128	314
1968	173	143	316
1969	195	145	340
1970	180	152	332
1971	136	118	254
1972	167	151	318
1973	178 (+20)	147	345
1974	219 (+23)	148	390

年的产量约略相当，而碳化硅则仍未达到历史最高年产量的水平。从其产量与生产能力来看（表1-4），1970~1974年刚玉的产量平均只为生产能力的62.5%，碳化硅为83%左右。

表1-4 美、加刚玉和碳化硅磨料产量与生产能力比较⁽³⁾

年 份	当年产量/生产能力 (%)	
	刚 玉	碳 化 硅
1970	54	93
1971	51	66
1972	63	85
1973	69	86
1974	75	~86

美国磨具工厂有200多个，多数是小厂。主要生产厂是诺顿、卡普伦登、西门子、贝依斯退特、3M公司等。美国大、中企业的技术力量较强，对试验研究工作比较重视，一般厂都有专门的试验研究室（见附录1）。卡普伦登、3M公司等还设有规模较大的专业图书馆。

美国磨具的产量未见报导，只能按产品销售额（见表1-5）估算。固结磨具1973年的销售额比1967年增加了23%，但考虑到近年来美国物价上涨，磨具价格变动的因素，其实际增长率大概只10%左右。以1967年磨具产量为25万吨推算，1973年产量约在27~28万吨。

涂附磨具的销售额增长较快，1973年比1967年增加了53%，扣除其价格因素后，估计其产量当在13000万平方米左右。

表1-5 美国磨具销售额⁽⁴⁾

单位：百万美元

种 类	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973
固结磨具	308	306	326	295	284	309	379
涂附磨具	236	299	319	259	278	294	369
合 计	544	605	645	554	562	603	748

2. 日本

日本磨料磨具工业是在本世纪初建立的。1908年创建的“广岛研磨工具研造所”是日本最早的砂轮厂。1917年，鹿儿岛电气轨道厂生产出刚玉和碳化硅，日本才有了本国制造的磨料。但在1937年以前，磨料主要靠进口，磨具的年产量不过三、四千吨。第二次世界大战期间，进口断绝，刺激了磨料磨具生产，其产量陡增，曾一度上升到二万多吨，但质量不佳。战后又立即降落到原来的水平。直到1950年以后，生产才比较稳定，产量逐年上升，特别是进入六十年代后，由于日本钢铁、机械、汽车工业等畸形发展，促使日本的磨料磨具生产得到更快的发展。表1-6、表1-7分别列出了近十多年来日本磨料磨具的产值与产量。从表上可以看出，在1964~1973年的十年间，日本磨料年产量从5万吨上升到17万吨，增长了二倍多；磨具的年产量从4.4万吨上升到9万吨，增加了一倍多；磨料磨具产品的产值增长了三倍多，平均年增长率达17.5%。但1973年以后，由于资本主义世界爆发经济危机，日本许多工业生产衰退，如1975年钢铁减产了13%，使磨料磨具生产受到影响，产量连续二年下降，

表1-6 日本磨料磨具产品历年产量⁽⁵⁾

年 份	产 量		
	普通磨料 (千吨)	固结磨具 (千吨)	涂附磨具 (万平方米)
1964	51	44	
1965	41	40	
1966	48	46	
1967	66	55	
1968	84	64	2214
1969	101	77	2442
1970	129	83	2682
1971	121	67	2460
1972	137	71	2785
1973	170	90	3040
1974	159	73	
1975	127	51	
1976	158	60	3360

*按产值估算

表1-7 日本磨料磨具历年产值⁽⁶⁾

年 份	磨 料			磨 具			涂 附 磨 具		
	企 业 (个)	职 工 人 数 (人)	产 值 (百 万日元)	企 业 (个)	职 工 人 数 (人)	产 值 (百 万日元)	企 业 (个)	职 工 人 数 (人)	产 值 (百 万日元)
1964	44	2733	8624	223	7458	14361	65	1887	4009
1965	45	2641	7482	230	7301	15081	62	1857	4023
1966	55	2545	8492	248	7670	16272	82	2148	5206
1967	80	2876	11849	173	7097	19173	69	2189	6414
1968	80	3234	14937	179	7263	22282	63	2151	7421
1969	107	3563	18206	173	6939	24597	71	2024	8265
1970	90	3444	20927	198	7525	30076	67	1940	8517
1971	91	3933	26707	170	6774	27777	55	1678	8066
1972	83	3263	22037	219	7286	29349	71	2041	11169
1973	80	3809	35871	222	10257	66427	57	1957	13375
1973~1964 产值增长%	416%			463%			334%		
平均年增长率	17.2%			18.6%			14.3%		

1976年已开始回升，但仍未达到历史最高水平。

日本磨料磨具企业的规模一般都不大。据1973年统计，日本共有磨料磨具厂359个，职工约16000人。但其中85%是不足50个人的小厂，200人以上的厂共20个，占企业总数的5.5%（见表1-8）。

表1-8 1973年日本磨料磨具行业规模^[6]

规 模 (按职工人数分类)	企 业 数		
	磨 料	固结模具	涂附磨具
< 9	48	117	34
10~49	22	69	15
50~99	1	15	2
100~199	3	11	2
200~299	3	8	3
300~499	1	—	1
500~999	2	1	—
>1000	—	1	—
共 计	80	222	57

日本生产磨料的主要工厂有8个。其中除昭和电工刚玉和碳化硅都生产外，大太平洋金属主要生产碳化硅，只少量生产白刚玉，其余六厂都只生产一种磨料（见表1-9），所以生产比较集中，专业化的倾向比较明显。日本生产磨料所用原料如矾土、硅石等都要靠进口，这是它在发展磨料生产中当前存在的一个困难。

表1-9 日本生产磨料的主要工厂及其产品^[7]

企 业 名 称	产 品				
	棕刚玉	白刚玉	黑碳化硅	绿碳化硅	人造刚砂
昭和电工	○	○	○	○	
大太平洋金属		○	○	○	
日本カーリット	○				
日本研摩材工业	○	○			
信浓电气制鍊			○	○	
日轻化工		○			
屋久岛电工			○		
宇治电化学工业					○

日本磨具生产比较分散，主要的厂只有：吴·诺顿、日本陶器和三井金属矿业等几家，多数是小厂。磨具生产一般为多品种、小批量的方式，生产效率不高。

为了提高磨具产品质量和性能，提高劳动生产率，改善劳动条件，日本“机械工业振兴

临时措施与“电子工业和特定机械工业振兴临时措施”中,据说已分别拟订措施,对加速日本磨料磨具行业生产设备的现代化、确定适当规模的专业化生产体制并组织分工协作,统一产品规格等进行工作。此外,日本还加强了引进技术。根据不完整的统计,日本自1950~1973年共引进磨料磨具生产技术29项,其中1950~1959年只3项,1960~1969年15项,而1970~1973年即已达11项。在引进的方式上,由单项引进进入全面技术合作,例如目前日本磨料磨具行业的几个主要生产厂:昭和电工、大平洋金属、卡利特、吴·诺顿、日本陶器、三井金属矿业等厂都分别与美国的诺顿和卡普伦登公司建立了技术合作关系。

3. 苏联

与欧美或日本相比,苏联磨料磨具工业建立较晚,三十年代初才建立第一个磨料磨具厂(伊里奇厂),但是发展的速度很快。

苏联磨料和磨具的产量的绝对数字始终未见报导,只有如表1-10所列的几个相对数字。根据这些数字并以苏联1957年磨料、磨具产量约分别为146000吨与18100吨进行推算。估计1977年其磨料产量约为45万吨,磨具约为35万吨,涂附磨具15000万平方米,都居世界的首位。

表1-10 苏联磨料磨具产量相对增长数

产 品	1967年产量(%)	1975年产量
磨 料 刚 玉 碳化硅	为1940年的1150% 为1940年的1700%	为1970年的126.1%
磨 具	为1940年的1100%	为1970年的133.4%
涂附磨具		为1970年的136.9%

苏联磨料磨具企业的特点是数量少,规模大。磨具厂的年生产能力大多在一万吨至四万吨之间,磨料厂的规模更大,年生产能力有的可达十万吨左右。另外,专业分工明确,一个厂往往只生产一、二类产品,据1975年苏联全国磨料磨具、超硬材料工厂按产品类别统计,其生产重复系数只有1.2%。

苏联磨料磨具产品的质量有所提高,但还不及欧美,因此有一些磨具仍需进口。1970~1975年期间苏联曾力争使汽车工业所用的磨具立足于本国,用本国的产品代替进口的磨具,据称已有1200项磨具的质量赶上了进口的产品。

4. 西德

西德磨料磨具工业的规模居西欧首位。据不完全统计,有123个企业,其中磨料厂有10个,磨具厂75个,涂附磨具厂38个。年产磨料15万吨,其中刚玉10万吨,碳化硅5万吨。生产刚玉所用矾土都是进口的。刚玉除本国自用外,还可输出,碳化硅则每年还需进口一部份才能满足其国内的需要。如磨料厂除辛辛那提·米兰克龙公司以外都不生产磨具。

西德固结磨具和涂附磨具近年产量如表1-11。

5. 其它国家(11)(12)

英国不生产碳化硅,所需碳化硅磨料全部靠进口。刚玉的年生产能力约5万吨,其中棕刚玉约3万吨,白刚玉2万吨,锆刚玉几十吨。磨具年生产能力也在5万吨左右。据1972年统计数字,英国磨料磨具行业职工总数约8000人。

表 1-11 西德近年磨具产量(10)

年 份	固结磨具 (吨)	涂 附 磨 具	
		(千平方米)	(西德马克)
1969	45753		329396
1970	46745	6500	297953
1971	42100		272742
1972	39346		276173
1973	43600		319448
1974	44911		296628
1975	40042		257161
1976	42094	* 7600	347861

*系按产值估算。

法国磨料磨具工厂共计132个,其中磨料厂35个,固结磨具厂41个,涂附磨具厂56个。磨料年生产能力棕刚玉2万吨,白刚玉及碳化硅各1.5万吨,固结磨具生产能力2吨左右。

挪威是欧洲碳化硅主要生产国,年产碳化硅6万吨,但90%以上输出。

意大利年产碳化硅约26000吨,刚玉少量,磨具8000吨左右。

此外,生产普通磨料磨具的国家还有瑞士、瑞典、奥地利、荷兰、东德、捷克、罗马尼亚、波兰等。这些国家并上述英、法、挪、意等近期磨料年产量估计共为28万吨;固结磨具11万吨,涂附磨具7000万平方米左右。

(二) 磨料磨具产品内外构成比

1. 与钢产量和机床拥有量的比例

磨料磨具产量与钢产量、金属切削机床拥有量之间的比例,在一定程度上代表了一个国家磨料磨具的消耗水平,可以间接反映这个国家磨削加工发展与应用的程度。

表 1-12 列出美国、日本、西德和苏联磨料磨具产量与钢铁产量的比例。可以看到,美国、西德和苏联相当于每吨钢需要的磨料产量在2.5~2.89公斤之间。西德和苏联的比例数字略高于美国。但考虑到西德每年磨料尚需进口补充,苏联磨料磨具的质量一般不及美国,估计其实际消耗水平是与美国接近的。日本的数字特别低,这与日本钢铁生产畸形发展有关。近年日本钢铁生产约有30%供输出,如果扣除这个因素,则相当于每吨钢消耗的磨料为2公斤左右。

表 1-13 是几个国家磨具产量与钢产量及机床拥有量的关系,从磨具产量与机床拥有量的比例来看,苏联平均每台金属切削机床消耗的磨具1958年为58公斤/台,1973年为69.5公斤/台,逐年上升。这反映了苏联机械加工中磨加工的比重在增长。关于这一点,从苏联金属切削机床中磨床所占比例在逐年增长,可以得到证明。但苏联磨具消耗的水平比不上美国。美国近年平均每台机床的磨具消耗水平约为96公斤,比苏联高36%左右,但比它本国七十年

表1-12 磨料与钢产量的比例关系

国 别	磨料产量 (千吨)	钢产量 ¹³ (百万吨)	相当于每吨钢 的磨料产量 (公斤/吨)	附 注
美 国	1639	657	2.50	(1970~1974平均)
日 本	1001	724	1.38	(1970~1976平均)
西 德	130	45	2.89	(1970)
苏 联	750	262	2.86	(1970、1977平均)

表1-13 磨具与钢产量及机床拥有量的比例

国 别	磨具产量 (千吨)	钢产量 ¹³ (百万吨)	机床拥有量 ¹³ (万台)	磨具与钢产 量的关系 (公斤/吨)	磨具与机床 拥有量关系 (公斤/台)	附 注
美 国	280	137	292.3	2.04	96	(1973)
	250		262		95	(1968)
日 本	495	724		0.68		(1970~76平均)
西 德	298.7	312		0.96		(1970~76平均)
苏 联	298		429.7		69.3	(1973)
苏 联	648	278		2.33		(1973、77平均)
苏 联					58	(1958)
					60	(1959)
					70	(1960)

代初的水平低。导致这种现象的原因主要是近年磨料磨具产品质量改进，磨具的磨削效率提高的缘故。

2. 磨料磨具产品的内部构成比

近年来国外磨料磨具各类产品之间的比例，从表1-14、1-15、1-16、1-17所列数字，可以看到有以下一些关系和特点：

1) 磨料中刚玉与碳化硅产量的比例大致仍保持在6:4左右。美国近年碳化硅所占比例略高，这是因为美国非磨削用碳化硅在急剧增长的缘故。

2) 刚玉磨具与碳化硅磨具的比例，日本与美国约为7:3，西德与苏联约为8:2。

3) 近年国外磨具生产中树脂磨具的发展很值得注意。树脂结合剂磨具不单产量增长的速度快，而且其产量的绝对数已超过陶瓷结合剂磨具，日本超过约一倍，美国约2.5%，相对来说，陶瓷结合剂磨具产量增长就显得慢了。橡胶结合剂磨具在西德基本上无变化，在日本有下降的趋势。

表1-14 各种磨料产量间的比例关系 (3)(5)(10)

国别	年份	产量构成比 (%)			
		棕刚玉	白刚玉	黑碳化硅	绿碳化硅
美国	1950	54.1	11.3	31.6	
	1959	40.4	11.2	45.4	
	1970	46.5	7.3	46.2	
	1971	46	7.4	46.6	
	1972	45.6	7	47.4	
	1973	46.7	7.8	45.5	
	1974	51.3	8.2	40.5	
日本	1950	60.2	2.4	31.3	6.1
	1955	63.7	5.8	24.5	6
	1960	58.7	15.7	18.6	7
	1965	45.1	16.2	32.2	6.5
	1970	35.3	25.4	33.8	5.5
	1971	35.6	24.2	35	5.2
	1972	35.2	26.1	34.1	4.6
	1973	31.8	32.2	31.7	4.3
	1974	24.5	36.1	34.8	4.6
	1975	21.7	39	35.9	3.4
苏联	1955	76.3	10.1		
	1956	75.0	7.0	8	8
西欧	1969	60		40	

表1-15 磨具按材质分类的比例 (3)(5)(10)

国别	年份	磨具	
		刚玉	碳化硅
西德	1970	82	18
	1971	81	19
	1972	81.2	18.8
	1973	82	18
	1974	80	20
	1975	82.5	17.5
	1976	83	17
日本	1970	79.1	20.9
	1973	76.3	23.7
	1975	69.4	30.6
	1976	69.5	30.5
美国	1963	72.5	27.5
	1966	67	33
苏联	1966	85	15

表1-16 磨具按结合剂分类的比例[4][5]

国 别	年 份	各 类 磨 具 (%)			
		陶 瓷	树 脂	橡 胶	其 它
日 本	1972	31.	58.	11.	
	1973	32	58.5	9.5	
	1974	34.2	58.2	7.6	
	1975	31.9	64.2	3.9	
	1976	32.8	63.2	4	
* 美 国	1972	44.1	46.4	6	3.5

* 系按产值计算

表1-17 固结磨具与涂附磨具产值的比例[4][6][10]

国 别	年 份	固 结 磨 具		涂 附 磨 具	
		产 值	%	产 值	%
美 国 (百万美元)	1942	79	61.2	50	38.8
	1954	158	58.5	112	41.5
	1963	247	66	127	34
	1970	295	53.3	259	46.7
	1971	284	59.5	278	49.5
	1972	309	51.2	294	48.8
	1973	379	50.6	369	49.4
日 本 (百万日元)	1964	14361	78.4	4009	21.6
	1970	30076	77.5	8517	22.5
	1971	27777	77.5	8066	22.5
	1972	29349	71.5	11169	28.5
	1973	66427	83	13375	17
西 德 (百万西德马克)	1956		60		40
	1966		46		54
	1970	308	50.8	298	49.2
	1971	288	51.4	273	48.6
	1972	272	49.5	276	50.5
	1973	309	49.2	319	50.8
	1974	358	54.6	297	45.4
	1975	335	56.6	257	43.4
	1976	366	51.3	348	48.7

4) 涂附磨具的发展也是值得重视的。美国和西德的涂附磨具按产值计算所占比例已分别达49.4%和48.7%，非常接近固结磨具的数字。涂附磨具在现代工业中应用愈来愈广，五十年代或六十年代初期，它还只主要用于轻磨削和手工操作，目前已成为可以适用于重磨削、精密磨削等各种磨削的高效率磨具之一。它的作用已可以和固结磨具平分秋色，相提并论了。

3. 非磨削用磨料的比例

磨料在非磨削用途方面的用量在逐年增加，以日本为例，已达64%，超过作磨削的用量约一倍，美国非磨削用磨料的数量占总量的32%左右，但其中非磨削用碳化硅的数量也超过作磨削用碳化硅约一倍。(见表1-18、1-19)。

刚玉的非磨削用途，主要是作高级耐火材料、刚玉制品、型砂、喷咀、耐腐蚀耐磨衬里；

碳化硅的非磨削用途主要有：炼钢脱氧剂、耐火材料、避雷器、电热元件、高温炉及化学反应装置里衬、耐高温材料催化剂载体等。

表1-18 日本磨料各用途所占比例⁽⁵⁾

用 途	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976
磨 具	41	36.5	33.4	32.2	30.4	21.8	25.7
涂附磨具	3.8	4.1	4.1	3.7	1.6	2.3	2.8
微 粉	4.9	4.5	5.1	4.8	3.6	3.9	5.2
刚 砂	3.7	3.9	3.5	2.6	2.2	2.4	2.4
磨削用合计	53.4	49.0	46.1	43.3	37.8	30.4	36.1
耐火物	41	43.8	46.8	49.7	56.9	61.4	52.6
电热元件	0.2	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1
电气用	0.4	0.4	0.4	0.3	0.2	0.1	0.3
其 它	1.3	1.6	1.3	1.1	0.7	1.0	0.9
出 口	3.7	5.0	5.3	5.4	4.3	7.0	10.0
非磨削用合计	46.6	51.0	53.9	56.7	62.2	69.6	63.9

表1-19 美国非磨削用磨料所占比例⁽³⁾

年 份	非磨削用磨料占全部磨料的比例	其 中	
		非磨削用刚玉占刚玉产量的比例	非磨削用碳化硅占碳化硅产量的比例
1970	28	9	50
1971	27.8	10	48
1972	26.9	13	43
1973	29	12	52
1974	31.8	11	62

二、国外磨料磨具主要企业简介

(一) 美国诺顿公司 [14][15][16]

1. 概况:

该公司是目前资本主义国家中最大的磨料磨具厂。1885年在马萨诸州成立。现总公司设在伍斯特，有职工3400人。

1907年诺顿公司在西德建立了第一个国外分厂，以后陆续向国外进行资本输出，至1975年已在21个国家设有88个分厂，分布在西德、英国、法国、加拿大、比利时、瑞典、意大利、荷兰、挪威、卢森堡、西班牙、墨西哥、巴西、阿根廷、澳大利亚、印度、新加坡、日本、以及南非等各地区。

国内在总公司下设有:

磨料部——在伍斯特

砂轮部——在伍斯特

涂附磨具部——在特洛依

科贝尔 (Koebel) 金刚石工具部——分设在底特律、洛杉矶和伍斯特。

此外,还有化学产品部、工业陶瓷部、保险材料部、塑料及合成材料部等部门。原先的磨床部现已转让出去。

磨料部、砂轮部和涂附磨具部都附设有专门的研究室。

冶炼磨料在美、加边境尼亚加拉瀑布区加拿大境内设有四个厂:在安大略州的契珀瓦有刚玉和碳化硅厂各一个;在美阿尔巴马州的汉次维耳有一个刚玉厂;另一个在马德伦角,生产碳化硅。

涂附磨具的生产以设在特洛依的贝尔曼宁厂为主。并于1976年在得克萨斯新建了二个涂附磨具厂。

2. 产品及其特点

该公司生产的普通磨料磨具产品的标志如下:

32 A	46	—	H	8	V	BE
┆	┆		┆	┆	┆	┆
磨料	粒度		硬度	组织	结合剂	结合剂配方

该公司金刚石磨具的标志及生产范围如下:

ASD	100	—	R	100	B	56	1/8
┆	┆		┆	┆	┆	┆	┆
磨料	粒度		硬度	浓度	结合剂	结合剂配方	金刚石层厚度

产品的特点如下:

1) 陶瓷结合剂高速砂轮——直径300~1050毫米,粒度36或46,硬度L或稍硬,工作速度由过去的42.5米/秒提高到60米/秒,准备生产80米/秒的高速砂轮。

2) BZZ 砂轮——这是一种热压树脂砂轮,用于荒磨不锈钢、工具钢和合金钢以及外圆磨削金属钛等材料的工件,这种砂轮先后采用微晶、烧结和锆刚玉作磨料,最大规格为900毫米,最大转速为83米/秒,最高能耐600公斤的磨削压力。最近的ZS(锆刚玉)砂轮在

72.5米/秒的机磨速度下磨不锈钢，每小时金属磨除量为89公斤，平均每个砂轮的总磨除量为2374公斤。

表1-20、1-21分别为美国诺顿公司普通磨料磨具和金刚石磨具生产范围。

表1-20 美国诺顿公司普通磨料磨具生产范围

磨料	粒度		硬度		组织	结合剂	结合剂配方号	结构代号		
刚玉系 A—棕刚玉 16A—刚玉/氧化锆混合 19A—棕白/混合刚玉 23A—单晶/半脆刚玉混合 32A—单晶刚玉 38A—白刚玉 44A—微晶刚玉 57A—半脆低钛刚玉 75A—矾土烧结刚玉 76A—铝氧粉烧结刚玉 ZF—锆刚玉(50%ZrO ₂) ZS—锆刚玉(25%ZrO ₂)	粗	10	软	A	0	V(陶瓷) 6种	EE	P(多孔)		
		12		B	1		G			
		14		C	2		A			
		16		D	3		BA			
		20		E	4		K			
		24		F	5		VSM-砂瓦			
	中	30	中	G	6	B(树脂) 13种	2, 14	N, F, NA, FR, SA, NA ₂ , D NA ₃ , DA, FRR,]		
		36		H	7		4, 15			
		46		I	8		9		5, 17	
		54							J	7, 21
		60							K	9,
		细							70	硬
80	L		12, 22							
90	M		R(橡胶) 8种	3, 50						
100	N			20, 51						
120	O			30, 52						
150	P			41, 55						
碳化硅系 37C—黑碳化硅 39C—绿碳化硅	很	180		硬	12	11	E(虫胶) 3种	6	R—弹性 N—加固 DA—加固	
		220						S		7
		240	T					9		
		280	U					S(硅酸盐) 1种		
	细	320	V							
		400	W							
		500	X							
		600	Y							
			Z							

计15个磨料品种(除上述外还有碳化硼作研磨粉用), 31种结合剂, 14种专用结构。

3) 磨纸浆砂轮——最大直径2米, 转速30米/秒, 蚀刻周期30天, 磨浆效率57吨/天。1964年在加拿大哈密尔顿分厂生产的磨木浆砂轮, 重达11吨, 内设加固环, 转速37.5米/秒, 是目前世界上最大的磨木浆砂轮。

4) 微型磨头(Minigrind)——最小直径0.9毫米, 最小厚度0.4毫米, 转速100000~150000转/分。一个磨头可加工500个1.4毫米的小孔, 每个孔磨除0.05~0.075毫米厚的金属层, 磨头的总磨损量为0.25毫米。

5) B56树脂结合剂金刚石砂轮——干湿磨两用, 磨削体积比达到176.1, 而B₃、B₆和B₃₂三种砂轮的磨削体积比只52.8、64.0和94.6。如用涂金属衣的金刚石磨粒作砂轮, 磨削比可提高到316。

3. 工艺及设备特点