



日本粉末冶金工业现状

韩凤麟

(北京粉末冶金工业公司)

前 言

日本的粉末冶金工业起始于20世纪初期,由于日本政府的重视并采取了种种措施,所以二次大战后得到了迅速发展。在1956年9月日本政府颁布的“机械工业振兴临时措施法”中规定,粉末冶金工业为合理化特种业种,在改善粉末冶金工业的体制和相互协调配合方面采取了种种措施。之后,在日本政府颁布的“电子工业振兴临时措施法”(1957年6月)、“特定电子工业和特定机械工业振兴临时措施法”(1971年3月)和“特定机械情报产业振兴临时措施法”(1978年7月)

中,都对发展粉末冶金工业提出了明确要求^[1]。与此同时,日本政府对粉末冶金工业施行了特别折旧制度,对进口的重要机械(压机、烧结炉、气氛发生装置等)实行了免税,在资金方面给予融资等措施^[2]。这些都对日本粉末冶金工业的巩固和发展起了重要作用。

粉末冶金工业是金属成形工业的一个新领域。图1示日本金属成形工业中各工业部门1969年以来的增长状况^[3]。由图1可看出,在日本的金属成形工业中,1970年以来,增长最快的是粉末冶金工业。

一、金属粉末

1974—1984年铁粉与铜粉的实际装运量见表1^[4]。1984年铁粉的装运量112,255t,其中60%用于粉末冶金工业。由轧钢铁鳞和铁矿还原的铁粉约占65%,其余为雾化铁粉。

1984年铜粉的装运量为5823t,其中81%用于粉末冶金工业。铜粉的主要生产方法有电解法(82%)和雾化法(18%)。

1982年,钨粉的产量为1710t,其中约69%用于制造硬质合金生产用的碳化钨;雾化铜—铅合金粉的产量为3300t,全部用于制造汽车中的双金属轴瓦;雾化钢粉的产量约为600t,用于制造粉末冶金零件和过滤器;雾化高速钢粉的产量约为300t,用于制造切削工具;铝粉的装运量约为13000t,用于制造颜料和印刷油墨,约有400t铝粉用于

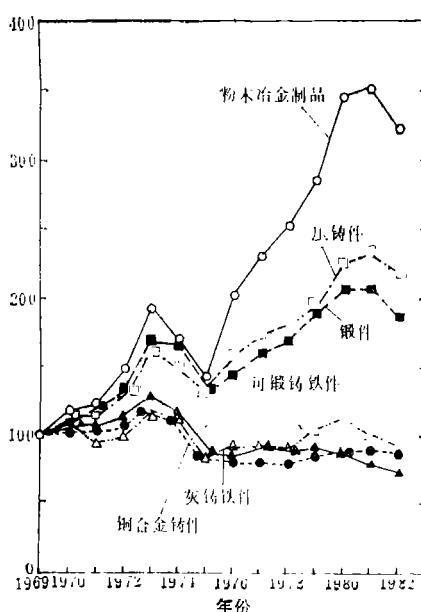


图1 1969—1982年日本金属成形工业的发展状况(根据日本通产省机械统计作图)

表1 1974—1984年日本铁粉与铜粉的装运量⁽⁴⁾, t (根据日本粉末冶金工业会统计资料)

年 份	铁 粉				铜 粉			
	粉末冶金用	其它用	出 口	合 计	粉末冶金用	其它用	出 口	合 计
1974	26298	31811	178	58287	2681	507	20	3211
1975	22512	23845	240	46597	2219	426	554	3199
1976	32281	25035	123	57439	3001	684	468	4103
1977	34542	24870	30	59242	2881	658	1198	4737
1978	37701	21776	38	59515	3306	812	1307	5425
1979	44176	26835	383	71394	3702	925	1552	6179
1980	50443	31721	1029	83193	4007	879	65	4951
1981	53496	33424	1106	88026	4021	811	74	4906
1982	53678	31710	1041	86429	3909	776	111	4796
1983	59747	31467	1548	92771	4230	809	159	5198
1984	67256	41113	3886	112255	4734	963	126	5823

制造多孔性含油轴承、粉末冶金零件及多孔性隔音板⁽³⁾。

二、生产设备

在日本，机械式和液压式成形和精整压机的能力一般为10—200t。可是，能力为400—800t的压机的数量在增加，用于压制横截面面积为100—120cm²的较大零件。日本粉末冶金工业拥有300台冷等静压机和150台热等静压机。

日本的粉末冶金工厂中已在使用西德曼内斯曼公司制造的电子计算机控制的压机。

大部分有代表性的粉末冶金零件生产厂都自己制造成形模具和精整模具。

烧结炉大部分是网带式和推杆式连续烧结炉，只有少量的步进梁式炉。所有的烧结炉都是电加热的。推杆式烧结炉的平均电容量为130kW和平均生产能力为58kg/h。网带式烧结炉的平均电容量为162kW和平均生产能力为360kg/h。一台电容量216kW和生产能力为600kg/h的大型网带式烧结炉已投入生产。

保护气氛广泛采用的是分解氨和由丙烷或丁烷转化的吸热性气体。也在使用经过精

制的放热性气体(露点-40℃, 1%CO₂, 2%CO, 3%H₂)和含N₂浓度高的N₂—H₂混合气体。真空烧结用于烧结硬质合金、不锈钢、高速钢及钛基合金等。

日本的粉末冶金工厂中最近已开始使用将烧结炉与吸热性气体转化装置结合为一体的连续式烧结炉。这种烧结炉的预热带为RBO装置。吸热性气体转化装置位于烧结带顶部，利用烧结带加热元件进行加热。冷却带采用气体强制对流冷却。这可能是今后烧结炉的一个重要发展方向。

三、粉末冶金制品

根据日本粉末冶金工业会的统计资料绘制的图2示出了1951年以来日本粉末冶金制品的生产发展状况。其中不包括硬质合金，但包括软磁和硬磁铁氧体磁性材料。由图2可看出，1951年日本粉末冶金制品的产量为99t，销售额为7.45亿日元；1983年的产量为125,791t，销售额为1991.41亿日元。1984年的产量为146,393t，销售额为2253.85亿日元。这就是说，1984年与1951年相比，粉末冶金制品的产量增长了1478.7倍，销售额增长了302.5倍。

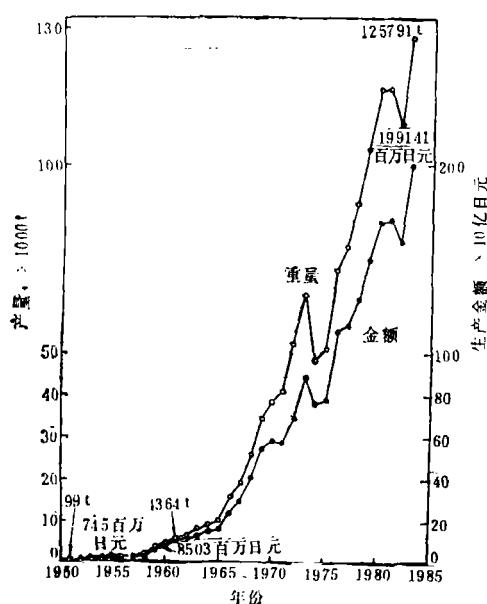


图2 日本粉末冶金制品的生产发展状况〔2〕
(根据日本粉末冶金工业会的统计资料)

硬质合金主要用于制造工具，在日本专门组织了超硬工具协会负责协调硬质合金工具的生产、发展等事项。根据超硬工具协会的统计资料绘制的图3示出日本硬质合金的生产发展状况。

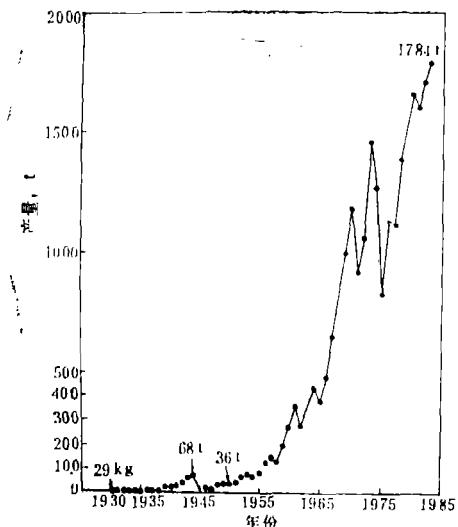


图3 1930—1984年日本硬质合金的生产发展
状况〔2〕
(根据日本超硬工具协会的调查资料)

在粉末冶金制品中产量特别大的是烧结机械零件、含油轴承和软、硬磁性材料。它们的生产发展状况见图4。

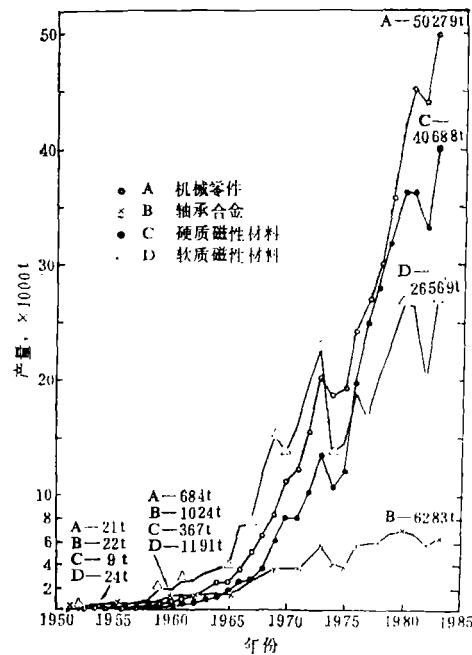


图4 1951—1983年主要粉末冶金制品
的生产发展状况〔2〕
(根据日本粉末冶金工业会的统计资料)

1974—1984年日本粉末冶金制品的年产量见表2，烧结机械零件与含油轴承在各工业部门的实际消耗量见表3。

1. 含油轴承。1984年产量为6902t。其中，铁基和铁基合金的约占64%，其余大部分是青铜基的。很少量是铝基合金的。

2. 烧结机械零件。1984年产量为53480t，其中98%左右是铁基和铁基合金的，其余的是铜基合金的。烧结机械零件73%左右用于汽车和摩托车工业。

1982年，烧结低合金钢锻件的产量约为250t，其中不包括汽车公司生产的烧结锻造成连杆。

1982年，日本汽车公司和缝纫机制造厂自制的粉末冶金零件约占粉末冶金零件工业总产量的28%。

表2 1974—1984年日本粉末冶金制品的实际年产量⁽⁴⁾, t (根据日本通产省机械统计)

年份	机械材料		摩擦	电刷	电灯与真	集电	硬磁	软磁	其它(除	合 计	
	轴承	机械									
	合金	零件									
1974	4037	18653	22690	933	163	413	338	10713	13513	47	48810
1975	3898	19010	22908	520	149	271	248	12263	14511	56	50926
1976	5566	21984	29650	508	202	481	278	19686	18830	97	69732
1977	5886	26845	32731	510	219	406	309	24746	16498	95	75511
1978	5966	29680	35646	638	221	453	247	27959	20252	102	85518
1979	6680	35566	42252	656	237	518	285	31723	22701	112	98481
1980	6800	42069	48869	628	222	554	273	36296	26596	122	113560
1981	6550	45282	51832	585	199	534	270	36090	24205	173	113883
1982	5739	41177	49916	675	174	511	266	33188	19972	251	104953
1983	6383	53279	56562	634	200	576	272	40688	26569	290	125791
1984	6901	53480	60381	555	218	734	266	46775	37083	381	146393

表3 1974—1984年烧结机械零件与含油轴承在各工业部门的分配状况⁽⁴⁾
(根据日本通产省机械统计)

项目	年份	品种				机械零件				工业机			
		轴承合金			其它	工业机械			电气机械	电气机		运输机	
		工业	机械	用	其它	工业	电气	机械	运输	机械	用	电气	用
量	1974	646	1567	1469	355	2048	2384	13201	1020	2694	3951	14670	1375
	1975	645	1524	1442	287	1923	2628	13551	908	2568	4152	14993	1195
	1976	1062	2166	1966	372	2713	3472	16848	1051	3775	5638	18814	1423
	1977	1115	1993	2381	397	2799	3378	19809	859	3914	5371	22190	1256
	1978	964	2268	2293	441	2983	4104	21681	912	3947	6372	23974	1353
	1979	1135	2437	2674	440	4026	5096	25402	1042	5161	7533	28076	1482
	1980	987	2427	2874	512	4723	6147	29886	1312	5710	8575	32760	1824
	1981	986	2301	2739	524	4907	6008	33091	1276	5893	8309	35830	1800
	1982	1040	1809	2396	494	3924	6717	32488	1048	4961	8526	34834	1542
	1983	1225	2163	2282	613	4394	8490	36150	1245	5619	10653	38432	1858
构成比%	1984	1261	2438	2566	637	5923	8233	38910	1314	6284	10671	41470	1951
	1974	16.0	38.8	36.4	8.8	11.0	12.8	70.8	5.4	11.9	17.4	64.6	6.1
	1979	17.0	36.4	40.0	6.6	11.3	14.3	71.4	3.0	12.2	17.8	66.5	3.5
	1982	18.1	31.5	41.8	8.6	8.9	15.2	73.5	2.4	9.9	17.1	69.9	3.1
	1983	19.5	34.4	36.3	9.8	8.7	16.9	71.9	2.5	9.9	18.8	68.0	3.3
	1984	18.3	35.3	37.2	9.2	9.4	15.4	72.7	2.5	10.4	17.7	69.7	3.2

3. 粉末冶金摩擦材料。1984年产量为555t。全部为铜基摩擦材料。制动器衬面和离合器片的组成大体上相同。在日本国铁的

东海道—山阳, 东北及上越各新干线(合计1985km)上运行的超特急列车的盘式制动器中, 使用的全部是烧结铜基摩擦材料。这些

列车的进行速度虽然高达210km/h, 烧结摩擦材料仍能确保其紧急停车。

粉末冶金离合器片通常含有7—15%石墨(约12—50Vol%)。在新型大型推土机的主离合器中在使用一种石墨含量高达25%(约80Vol%)的高性能烧结材料。

4. 粉末冶金电触头。1984年产量为218t。其中包括纯钨触头、钨—铜基合金和钨—银基合金。低压电器用的全部银—镍合金和一些银—氧化镉合金都是用粉末冶金法制造的。

5. 钨、钼材料。1984年产量为734t。这些材料被加工成线材、棒材、板材、条材等, 主要用于照明器材、电阻炉和电子设备工业。

6. 集电材料。1984年产量266t。其中约90%为铜基合金, 其余为铁基合金。铜基合金的85%左右用于制造电机车受电弓滑板, 其余用于制造电动机或发电机的电刷。

7. 硬磁材料。1984年产量46775t。主要是钡铁氧体和锶铁氧体磁性材料。金属基硬磁材料, 1982年产量约为250t, 其中约70%为钐—钴合金, 30%左右为烧结Alnico合金。

8. 软磁材料。1984年产量为37083t, 大部分是锰—锌铁氧体和镍—锌铁氧体。其中80%以上用于电视和无线电工业。金属基软磁材料用于制造烧结铁粉芯和压制的铁—硅—铝合金粉芯。

表4

烧结机械零件的实际应用结构⁽²⁾

项目		产 量 t			与上一年度比%		
需用机械名称	年度	1981	1982	1983	1982	1983	
运输机械用	汽车	轻型四轮车	31,464	31,062	35,670	98.7	114.8
		摩托车	3,653	2,799	3,024	76.6	108.0
		小计	35,117	33,861	38,694	96.4	114.3
		其 它	528	338	336	64.0	90.1
		计	35,645	34,199	39,030	95.9	114.1
工业机械用	事 务 机 械	1,867	1,646	1,907	88.2	115.9	
	农 业 机 械	413	480	461	116.2	96.0	
	通 用 发 动 机	355	357	332	100.6	93.0	
	缝 纫 机	221	228	256	103.2	112.3	
	其 它	692	911	1,206	131.6	132.4	
	计	3,548	3,622	4,162	102.1	114.9	
电 气 机 械 用	空 气 调 节 器	1,306	1,931	2,407	147.9	124.7	
	音 响 机 器	2,065	1,869	2,094	90.5	112.0	
	磁 带 录 象 机	473	698	877	147.6	125.6	
	步 进 马 达	—	—	724	—	—	
	电 动 工 具	345	383	531	111.0	138.6	
	电 冰 箱	115	327	303	78.8	92.7	
	其 它	119	695	585	154.8	84.2	
	计	5,053	5,903	7,521	116.8	127.4	
其 它 用	照 相 机	284	216	125	76.1	57.9	
	其 它	883	760	1,037	86.1	136.4	
	计	1,167	976	1,162	83.6	119.1	
	合 计	45,413	44,700	51,875	98.4	116.1	

四、烧结机械零件与含油轴承的应用结构

烧结机械零件的应用结构见表4。可以看出,轻型四轮车的用量在1983年约占3/4。

表5示含油轴承的应用结构,轻型四轮车的用量亦占1/3左右。

图5(a)与(b)分别示1983年度烧结机械零件和含油轴承在汽车各总成中的分布状况。由之可看出,烧结机械零件大部分用于发动机中。由于汽车制造厂使用的烧结机械零件有37—38%是自制的,因此,烧结机械零件在汽车各总成中的分布状况并不能直接反映粉末冶金厂的生产状况。

由表5可看出,1983年轻型四轮车与摩托车用含油轴承超过了含油轴承总产量的40%。含油轴承在汽车中大部分用于电气装备零件中[见图5(b)]。

由此可看出,烧结机械零件与含油轴承的生产与汽车工业的消长密切相关。1983年度,烧结机械零件在每台汽车中的平均使用量为3.7kg。

五、粉末冶金标准

日本的粉末冶金标准有日本工业标准(JIS),日本粉末冶金工业会标准(JPMA),粉体粉末冶金协会标准(JSPM),汽车标准(JASO)。

表5

含油轴承的实际应用结构(2)

需用机械名称	项 目	产 量 t			与上一年度比%	
		年 度	1981	1982	1983	1982
运 输 机 械 用	汽 车	轻型四轮车	2,444	1,918	1,825	78.5
		摩 托 车	575	353	309	61.4
		小 计	3,019	2,271	2,125	75.2
	其 它		167	153	140	91.6
	计		3,186	2,424	2,265	76.1
工 业 机 械 用	事 务 机 械		294	317	425	107.8
	缝 纶 机		299	269	314	90.0
	农 业 机 械		87	130	192	156.3
	其 它		136	173	179	127.2
	计		816	895	1,110	109.7
电 气 机 械 用	微 电 机		179	194	361	108.4
	电 动 洗 衣 机		227	230	198	101.3
	电 风 扇		270	120	186	44.1
	音 响 设 备		297	149	182	50.2
	磁 带 录 象 机		40	57	159	142.5
	换 气 扇		175	82	141	46.9
	果 汁 器(包 括 防 护 罩 处 理 机, 混 合 器)		85	103	116	121.2
	电 动 工 具		108	60	109	55.6
	其 它		293	276	190	94.2
	计		1,674	1,271	1,645	129.4
其 它 用	计		461	389	481	84.4
	合 计		6,137	4,979	5,501	81.1
						110.5

表6 日本粉末冶金标准一览表(2) (不包括硬质合金、钨、钼方面的标准)

分 类	标 准 名 称	标 准 名 称	标 准 号	制 定 年 份	修 改 年 份
基本(用语)	粉末冶金用语	JIS	Z2500	1960	—
	粉末冶金压机用语	JPMA	4	1972	—
	粉末冶金摩擦材料用语	JPMA	6	1980	—
制品方面	烧结金属件普通容许差	JIS	B0411	1966	1978
	烧结合油轴承	JIS	B1581	1956	1976
	机械结构零件用烧结材料	JIS	Z2550	1983	—
	烧结电触头材料	JPMA	5	1972	—
	次摆线形油泵转子	JASO	E303	1984	—
	烧结合油轴承含油率试验法	JIS	Z2501	1958	1979
试验方面	烧结金属材料烧结密度试验法	JIS	Z2505	1960	1979
	烧结合油合金有效孔隙度试验法	JIS	Z2506	1960	1979
	烧结合油轴承压环强度试验法	JIS	Z2507	1960	1979
	烧结金属材料宏观硬度试验法	JPMA	7	1984	—
	铁基烧结材料有效硬化层深度试验法	JPMA	8	1984	—
	烧结金属体拉伸试件	JSPM	标准 2	1964	—
原料粉末方面	铜 粉	JIS	H2114	1968	1983
	铁 粉	JIS	H2601	1970	1983
	金属粉流动性试验法	JIS	Z2502	1958	1979
	金属粉取样法	JIS	Z2503	1960	—
	金属粉松装密度试验法	JIS	Z2504	1960	1979
	金属粉压缩性试验法	JSPM	标准 1	1964	—
过渡为JIS的标准	金属粉还原减量试验法	JSPM	标准 3	1968	—
	金属粉压坯拉特拉试验法	JSPM	标准 4	1969	—
	机械结构零件用烧结材料 (→ JIS Z2550)	JPMA	1	1970	1977
	烧结合油合金材料(→ JIS Z2550, B1581)	JPMA	2	1972	—
	烧结合油轴承(→ JIS B1581)	JPMA	3	1972	—
	汽车构造用烧结材料(→ JIS Z2550)	JASO	M 102	1970	1978
包含在JIS中的主要规定	汽车用烧结合油合金材料(→ JIS Z2550, B1581)	JASO	M 103	1972	—
	汽车用烧结合油轴承(→ JIS B1581)	JASO	M 104	1972	—
	标 准 名 称		规定的标准号		
	(机械结构零件用烧结材料的)拉伸试件	JIS Z 2550			
	(机械结构零件用烧结材料的)冲击试件	JIS Z 2550			
	(铁粉·铜粉的)还原减量试验	JIS H 2114, H2601			
	(铁粉的)盐酸不溶物的分析试验	JIS II 2601			
	(铜粉的)硝酸不溶物的分析试验	JIS H 2114			

注1) JIS—日本工业标准, JPMA—日本粉末冶金工业会标准, JSPM—粉末粉末冶金协会标准, JASO—汽车标准。
2)修改年份是首次修改年份。

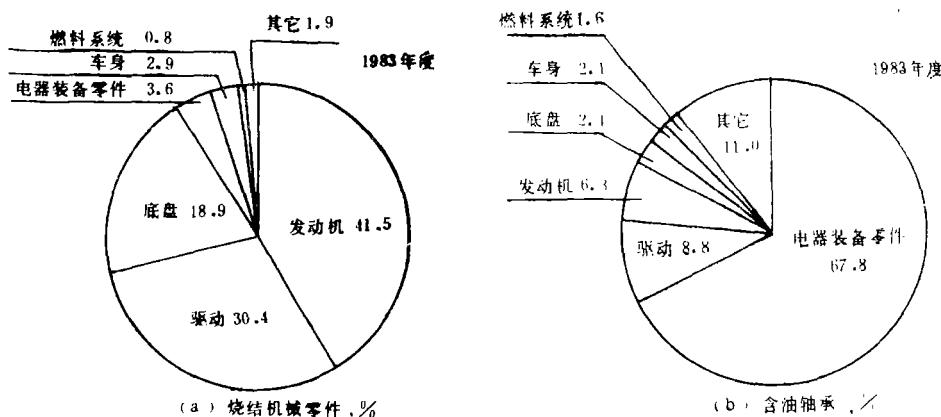


图5 1983年度烧结机械零件和含油轴承在汽车各总成中的分布状况〔2〕

日本的粉末冶金标准现在共有23种(见表6)，其中基本(用语)标准3种，制品标准5种，制品试验标准7种，金属粉末标准2种，粉末试验标准6种。

关于ISO标准，自1973年制定ISO标准以来，迄今共制定了33种粉末冶金标准，其中27种已译成了日文。

六、粉末冶金新发展

日本粉末冶金工业最近主要致力于发展无孔隙、性能可靠、均质的烧结合金。它们在常温与高温下的耐蚀性和力学性能，皆优于普通熔铸合金。这些材料在小型机械零件的生产中和在较大的条材、棒材及板材的发展中都是很重要的。

在这个粉末冶金的新领域，日本仍处于发展初期。1982年生产了300t制造切削工具用的烧结高速钢。其中约66%是由氩气雾化的合金粉和34%是由水雾化的合金粉制造

的。

镍基高温合金、纯钛和Ti-6Al-4V合金的生产仍处于试验阶段。

1983年8月，日本九家有代表性的铝加工厂在日本通产省资助下，组成了铝粉末冶金技术研究会。其目标是，改进铝的特性，诸如耐热性、耐磨性、韧性及耐蚀性。以扩大铝在汽车、飞机、电气机械用零件或棒材、板材等方面的应用。当前研究的课题是，充分利用粉末冶金快速凝固技术的特点、借添加大量的铁族元素，制造铝—锌—镁基的超硬铝(Extra Super Duralumin)，铝—硅合金及铝—锂合金等。

振兴机械工业，必须着眼于基础零件工业和基础技术的增强和发展，而粉末冶金工业是其重要组成部分。因此，研究、分析日本粉末冶金工业成长、发展的历程和现状，对发展我国粉末冶金工业当会有所裨益。

参考文献

- 〔1〕李永新等编译，日本政府是怎样促进机电工业发展的——介绍几个机电工业振兴法，机械工业出版社，1981年8月。
- 〔2〕石丸安彦、樱井彻，粉末冶金业界の现状と展望，〔日〕工业加热，Vol.22, No.3, 1985。
- 〔3〕渡辺饶尚，日本における粉末冶金の现状，日本粉末冶金工业会，1984年2月20日。
- 〔4〕日本粉末冶金工业会统计资料。

(标 准)

美国金属粉末工业联合会(MPIF)标准35

(1984-1985年编写)

粉末冶金结构零件材料标准(续)

三、铁—镍和镍钢

本标准包括由元素铁粉、镍粉和必要的石墨粉(碳)的混合料制成的粉末冶金材料。镍添加剂的典型含量是1—4%。如果没有碳存在，则这种产品称为粉末冶金铁—镍。

所用的每种元素的比例取决于所需材料强度的高低(无论用其烧结态或热处理态)。根据需要，也可以混合其它元素(例如铜或钼)。

7%粉末冶金铁—镍和7%粉末冶金镍钢的标准化工作已经停止，因为商业上已经很少使用。

材料性能

和碳不同，以常规烧结生产工艺，镍不能完全扩散到铁基体中去。所形成的这种不均匀金相组织含有富镍相，该相能使材料的韧性、拉伸性能和淬透性等有相当大的提高。当最终密度要求达到7.0g/cm³或更高时，这些材料可以采用压制、预烧、复压和复烧工艺制造。

应用

粉末冶金镍钢的典型应用是作能热处理的制造有强度、耐磨和耐冲击综合性能要求的结构零件。

显微组织

同铁和碳混合的细镍粉，在常规烧结期间一般不能完全扩散。烧结镍钢经轻度着色，显出奥氏体富镍孤立区、由针状马氏体或贝氏体围绕其边缘。在热处理条件下的组织经轻度着色，富镍孤立区为浅色，奥氏体在其中部，而针状马氏体在周围(1000倍观察)。其基体是马氏体，还有0—35%细晶珠光体(取决于淬火的速度)。

表1 化学成分，%

材料牌号	Fe	Ni	C	Cu
FN-0200	92.2—99.0	1.0—3.0	0—0.3	0—2.5
FN-0205	91.9—98.7	1.0—3.0	0.3—0.6	0—2.5
FN-0208	91.6—98.4	1.0—3.0	0.6—0.9	0—2.5
FN-0405	89.6—96.7	3.0—5.5	0.3—0.6	0—2.5
FN-0408	89.6—96.4	3.0—5.5	0.6—0.9	0—2.5

其它元素(包括为了特殊目的而添加的其它微量元素)
总量最大为2.0%。

PRESENT STATUS OF POWDER METALLURGY IN JAPAN

Han Fenglin

(Beijing Powder Metallurgy Co.)

ABSTRACT In this article the industrial developments, production equipment, products, new trends, application distribution of structural parts and self-lubricating bearings, and standards of Japanese P/M industry are described and reviewed.