

表 6.4-9 金属钨粉的规格和成分

名称	粒度/ μm	元素含量（质量分数）/%							
		O ₂	Fe	Ca	C	Mo	Ni	Si	W
超细	<1.0	0.20	0.03	0.005	0.01	0.2	0.005	0.01	≥ 99.5
细	1-3	0.15	0.03	0.005	0.01	0.2	0.005	0.01	≥ 99.5
中	3-6	0.10	0.03	0.005	0.01	0.2	0.005	0.01	≥ 99.5
中粗	8-12	0.08	0.03	0.005	0.01	0.2	0.005	0.01	≥ 99.5
特粗	≥ 15	0.08	0.03	0.005	0.01	0.2	0.005	0.01	≥ 99.5

表 6.4-10 YG3 粉末的形貌、工艺性能和合金性能

化学成分		
WC-3%Co		
	标准值	典型值
粉末性能		
霍尔流速/ $\text{S} \cdot (25\text{mL})^{-1}$	—	32
松装密度/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	—	3.24
工艺过程		
氢气烧结/ $^{\circ}\text{C}$	1400-1410	1400
线收缩率/%	16-18	16.7
硬质合金性能		
硬度 HRA	≥ 90.5	90.8
密度/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	15-15.4	15.2
孔隙度	A04B04C02	A02B02C00
矫顽磁力/ $\text{KA} \cdot \text{m}^{-1}$	16.0-20.0	18
磁饱和/%	2.2-3.2	2.7
抗弯强度/MPa	≥ 1300	1700

表 6.4-11 混合料的技术条件

用于制造合金的牌号	总碳/%	游离碳/% <	钛/%	钴/%	铁/% <	氧/% <
YG3	大于 5.50	0.1	—	2.8-3.3	—	0.5
YC4C	大于 5.50	0.1	—	3.9-4.3	—	0.5
YG6, YG6X	大于 5.40	0.1	—	5.7-6.2	—	0.5
YG8	大于 5.30	0.1	—	7.5-8.2	—	0.5
YG11	大于 5.10	0.1	—	11.0-12.0	—	0.7
YG15	大于 5.00	0.1	—	14.0-15.0	—	0.7
YT5	6.00-6.40	0.15	4.7-5.3	8.9-9.3	0.5	0.5
YT5-7	6.00-6.40	0.15	4.7-5.3	6.7-7.3	0.5	0.5
YT14	7.10-7.60	0.25	11.0-11.6	7.7-8.3	0.5	0.5
YT15	7.30-7.80	0.25	12.0-13.0	5.5-6.3	0.5	0.5
YT30	8.90-9.30	0.25	21.0-23.0	4.1-4.5	0.5	0.5

表 6.4-12 振动成形烧结前后的 WC-0.6%Co 合金毛坯前密度

振动频率/Hz	压力/kPa	密度/g · cm ⁻³		振动频率/Hz	压力/kPa	密度/g · cm ⁻³	
		烧结前	烧结后			烧结前	烧结后
50	31	6.70	14.8	150	62	7.15	15.0
100	31	6.95	14.9	50	24	7.46	15.2
150	31	7.00	14.9	100	24	7.47	15.2
50	62	7.08	14.0	150	24	7.45	15.2
100	62	6.82	15.0				

表 6.4-13 钨钴合金的密度

成分（质量分数）/%		密度/g · cm ⁻³
WC	Co	
97	3	15.26
94	6	14.93
92	8	14.75
89	11	14.31
85	15	14.02

表 6.4-14 钛钨钴硬质合金的密度

成分（质量分数）/%			密度/g · cm ⁻³
WC	TiC	Co	
86	5	9	12.87
78	14	8	11.41
69	25	6	11.27
61	32	7	9.55

表 6.4-15 表面加工方法对硬质合金疲劳强度的影响

加工方法	加工规范	表面粗糙度 R _a /μ m	疲劳极限/MPa	
			YG8	YT5
砂轮（TL ₂₅ ZR ₁ A）磨削		0.4	700	670
	v =2m/s	0.1	920	850
	v =25m/s	0.1	1050	930
用石墨填充剂砂轮导电磨削	V=66V	0.1	910	850
化学切削加工	v =2m/s	0.2	820	790

阳极切削加工	$v = 15\text{m/s}$, $V=18\text{V}$, $I=3.5\text{A}$	0.2	510	500
电火花加工	$I=0.5\text{A}$	0.2	420	420

表 6.4-16 钨钴硬质合金合金的热学性能

成分 (质量分数) /%		热导率 $/\text{W} \cdot (\text{m} \cdot \text{K})^{-1}$	线胀系数 $/10^{-6}\text{K}^{-1}$
WC	Co		
97	3	87.78	—
94	6	79.42	3.6 (0-300°C)
89	11	66.88	3.8 (0-300°C)
85	15	—	6
80	20	—	4.7 (0-300°C) 6.2 (300-600°C)
75	25	—	6.7 (300-600°C)

表 6.4-17 钛钨钴硬质合金的热学性能

成分 (质量分数) /%			热导率 $/\text{W} \cdot (\text{m} \cdot \text{K})^{-1}$	线胀系数 $/10^{-6}\text{K}^{-1}$
WC	TiC	Co		
86	5	9	62.7	5.5
78	14	8	33.44	6.2
69	25	6	20.9	7
61	32	7	16.72	—

表 6.4-18 WC-Co 合金的磁性

成分 (质量分数) /%	矫顽磁力 $H_C / \text{KA} \cdot \text{m}^{-1}$
94WC-Co 粗颗粒	145-155
94WC-Co 细颗粒	225-235
89WC-11Co	100-110
85WC-15Co	90-100
80WC-20Co	—
75WC25Co	—
91.5WC-7Co-1.5 (TaC, VC)	245-255

表 6.4-19 硬质合金在不同温度下 (加热 2h)
的氧化重量损失 (质量分数) %

牌号	氧化温度/°C			
	700	800	900	1000
YG6A	4.9	8.4	26.7	42.2
YG6	2.6	9.3	34.5	48.1
YG8	2.5	10.4	36.7	52.7
YG11	2.0	10.2	41.4	58.3
YG15	1.7	8.0	45.7	62.9
YW2	0.8	7.1	29.8	43.2
YT15	0.3	10.0	24.4	28.8
YT30	0.5	7.5	22.1	24.5

表 6.4-20 常用粒度测试方法

粒度测试方法	粒度测试范围	特点
筛分	5 μ m-10 μ m	操作简单, 重复性差
聚焦光束反射	1-1000 μ m	在线分析, 表观粒度
光学显微镜	1-1000 μ m	分辨率高, 统计精度差
摩尔特原理	0.5-1000 μ m	重复性差
重力沉降	0.5-100 μ m	
离心沉降	0.05-5 μ m	
全息摄影	0.3-1000 μ m	三维, 瞬间记录
光学计数器	0.05-5000 μ m	分辨率高
光衍射	0.05-8000 μ m	动态范围宽, 快, 应用广
流体动力色谱	0.02-500 μ m	分级
电子显微镜	0.001-200 μ m	分辨率高, 统计精度差

表 6.4-21 生产硬质合金传统烧结周期和改进的烧结周期一览

烧结方法	脱蜡时间 (室温-650 $^{\circ}$ C) /h	烧结时间 (650 $^{\circ}$ C-烧结温度) /h	总烧结周期/h	脱蜡气氛	烧结气氛
传统周期	8.3	7.2	15.5	Ar	真空/Ar、Ar+Co 3L/min @600Pa
改进的周期	1.8	2.9	4.7	脉冲的 H ₂ +Ar ₂ : 10L/min @2500Pa	真空/脉冲 Ar Ar:20L/min @3500Pa

表 6.4-22 金属陶瓷成形方法比较

项目	粉浆浇注	模压	热压	挤压	注射
尺寸限制	受生坯强度的限制	受压机容量的限制	受压机容量的限制	范围很广	较小尺寸
形状限制	复杂形状，空心形状等	四边平直，只有少数精细部位	四边平直，极少数精细部位	在长度方向成直线	复杂形状
所需模具	木质或金属的样模，石膏模	硬质钢模	石墨模	耐磨钢模	钢模
生产速率	慢	快	中等	快	高
生产劳动费用	高	低到中等	中等到高	低	中

表 6.5-1 元素混合镍钢粉 (2Ni-05C)

FN-0205 的压制与精整

性能	精整压力/MPa			
	0	415	620	825
烧结件的密度/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	6.67	7.13	7.32	7.43
硬度 HRC	28	40	45	48
断裂模数/MPa	1040	1580	1820	1895
冲击韧度/J	3.8	6.1	8.1	8.8
烧结尺寸变化/mm	0.001	0.002	0.002	0.003
抗拉强度/MPa	570	870	—	—

表 6.5-2 FN-0205 的等密度性能

压制/精整 (压力/MPa)	状态	密度 (1120℃ 烧结) / $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	硬度	断裂模数/MPa	冲击韧度/J	抗拉强度/MPa
415/690	烧结态	7.40	77HRB	1105	—	—

550/620	烧结态	7.40	77HRB	1205	—	—
690/550	烧结态	7.40	77HRB	1190	—	—
415/345	烧结态	7.10	68HRB	90	—	—
690/0	烧结态	7.10	68HRB	815	—	—
415/345	淬火, 200℃ 回火	7.10	38HRC	1500	5.4	825
690/0	淬火, 200℃ 回火	7.10	38HRC	1480	5.2	780

表 6.5-3 高温烧结对 FN-0205 冲击韧度的影响

压制/精整 (压力/MPa)	烧结件密度 / $g \cdot cm^{-3}$	烧结温度 /℃	烧结气氛	冲击韧度 /J
690/0	7.05	1140	N ₂	5.2
690/415	7.27	1140	N ₂	9.5
690/825	7.47	1140	N ₂	10.8
690/0	7.13	1260	真空	11.3

表 6.5-4 一次压制/烧结与二次压制/二次烧结对密度与横向断裂强度的影响

基础材料	工艺	压制压力 /MPa	烧结件密度 / $g \cdot cm^{-3}$	横向断裂强度 /MPa	硬度 HRB
	温压, 一次压制/烧结	415	7.18	1100	83
		550	7.36	1320	88
		700	7.47	1340	91

<p>Ancorsteel 85HP</p> <p>预合金钢粉 (2.0% Ni-0.85%Mo) +0.4%石墨+0.6% 润滑剂, 1260°C 烧结</p>	温压, 二次压制/二次烧结	415	7.36	1340	89	
		550	7.54	1500	92	
		700	7.63	1530	94	
	冷压, 一次压制/烧结	415	7.01	1000	79	
		550	7.22	1120	85	
		700	7.32	1280	88	
		冷压, 二次压制/二次烧结	415	7.22	1240	87
			550	7.42	1460	92
			700	7.50	1530	94
<p>Distaloy 4800A</p> <p>扩散合金化钢粉 (4.0%Ni-1.5%Cu-0.50%Mo +0.5%石墨+0.6%润滑剂 1120°C 烧结</p>	温压, 一次压制/烧结	415	7.04	1200	90	
		550	7.27	1380	94	
		700	7.35	1450	97	
	温压, 二次压制/二次烧结	415	7.20	1500	94	
		550	7.40	1690	97	
		700	7.49	1700	100	
		冷压, 一次压制/烧结	415	6.90	980	81
			550	7.08	1260	87
			700	7.20	1340	91
	冷压, 二次压制/二次烧	415	7.12	1380	90	
		550	7.34	1650	94	
		700	7.46	1800	96	

表 6.5-5 粉末锻造低合金钢的典型力学性能（淬回火处理）

材料	生产工艺	抗拉强度 /MPa	0.2%屈服强度 /MPa	伸长率 /%	断面收缩率/%	V 型缺口摆锤式冲击吸收功/J	硬度	断裂韧度 /MPa·m ^{1/2}	相对密度 /%
Fe-2MCM-0.67 ^① （未热处理）		960	590	—	12		98HRB	—	—
Fe-2MCM-0.67 ^①		1900	1500	—	4.5	—	49HRC	—	—
4120	1350℃烧结，复压	700	620	14	46	38	20-25HRC	—	100
1520		940	—	9	13	39	20-25HRC	—	100
4130	1315℃烧结，复压	1590	1300	5	3	10	46HRC	49	100
4640		—	—	—	—	7	55HRC	36	100
	气雾化粉，-65目	—	—	—	—	7	42HRC	37	100
	气雾化粉，-65目 水雾化粉 1200℃烧结	1040	1000	20	40	36	310-350HRC	—	99
Fe-2Ni-0.35C	元素混合粉	940	600	13	44	—	31HRC	—	99
Fe-0.55Ni-0.32-0.47Mn-0.23Cr-0.30C	1200℃烧结	1020	970	17	37	46	—	—	—
Fe-3Cu-0.5C-0.35	—	870	—	6.5	—	—	274HV	—	99
Fe-9Cu-0.34Mn-0.43Ni-0.05Mo-0.31C	—	1680	1410	13	31	19	49HRC	—	99
Fe-0.35Mn-0.57Mo-1.95Ni-0.5C	—	1200	1120	10	19	30	475Hv	—	99
改性 4630	1250℃烧结	1480	1330	6	10	8	42HRC	—	98

① MCM 为母合金，0%Mn-20%Cr-20%Mn-7%C。

表 6.5-6 粉末锻造 4600 材料的力学性能及疲劳性能（1120℃分解氨中烧结）

锻造方式	碳/%	氧 /10 ⁻⁶	抗拉强度 /MPa	0.2%屈服 强度/MPa	伸长率 /%	断面收 缩率/%	V 型缺口摆 锤式冲击吸 收功/J	硬度 HV30	疲劳强度 /MPa	疲劳强度与 抗拉强度之 比
渗碳的坯件										
镦锻	0.24	230	1570	1420	13.6	42.3	16.3	487	565	0.36
复压	0.24	210	1500	1320	11.0	34.3	12.9	479	550	0.37
镦锻（分解氨 1260℃烧结）	0.22	90	1460	1280	14.8	46.4	22.2	473	550	0.38
复压（分解氨 1260℃烧结）	0.25	100	1460	1280	12.5	42.3	16.8	468	510	0.36
镦锻（吸热气氛 1120℃烧结）	0.28	600	1580	1380	7.8	2.9	10.8	513	590	0.37
复压（吸热气氛 1120℃烧结）	0.24	620	1580	1300	6.8	16.9	6.8	461	455	0.29

续表 6.5-6

锻造方式	碳 /%	氧 /10 ⁻⁶	抗拉强度 /MPa	0.2%屈服 强度/MPa	伸长率 /%	断面收 缩率/%	V型缺口摆 锤式冲击 吸收功/J	硬度 HV30	疲劳强度 /MPa	疲劳强度 与抗拉强 度之比
淬火, 消除应力回火										
锻锻	0.38	270	1990	1500	11.5	23.5	11.5	554	—	—
复压	0.39	335	1960	1480	8.5	21.0	8.7	—	—	—
锻锻	0.57	275	2280	—	3.3	5.8	7.5	655	—	—
复压	0.55	305	1950	—	0.9	2.9	8.1	—	—	—
锻锻	0.79	290	940	—	—	—	1.4	712	—	—
复压	0.74	280	1060	—	—	—	2.4	—	—	—
锻锻	1.01	330	800	—	—	—	1.3	672	—	—
复压	0.96	375	760	—	—	—	1.6	—	—	—
淬火与回火										
锻锻 (370℃回火)	0.38	230	1490	1340	10.0	40.0	28.4	473	—	—
复压 (370℃回火)	—	—	1520	1340	8.5	32.3	—	—	—	—
锻锻 (440℃回火)	0.60	220	1460	1170	9.5	32.0	13.6	472	—	—
复压 (440℃回火)	—	—	1550	1360	7.0	23.0	—	—	—	—
锻锻 (455℃回火)	0.82	235	1540	1380	8.0	16.0	8.8	496	—	—
复压 (455℃回火)	—	—	1560	1340	6.0	12.0	—	—	—	—
锻锻 (480℃回火)	1.04	315	1560	1280	6.0	11.8	9.8	476	—	—

复压 (480℃回火)	—	—	1480	1220	6.0	11.8	—	—	—	—
镦锻 (680℃回火)	0.39	260	820	740	21.0	57.0	62.4	269	—	—
镦锻 (680℃回火)	0.58	280	860	760	20.0	50.0	44.0	270	—	—
镦锻 (695℃回火)	0.80	360	850	600	19.5	46.0	24.4	253	—	—
镦锻 (715℃回火)	1.01	320	860	640	17.0	38.0	13.3	268	—	—

表 6.5-7 粉末锻造 4200 材料的力学性能

锻造方式	碳/%	氧 /10 ⁻⁶	抗拉强度 /MPa	0.2%屈服 强度/MPa	伸长率 /%	断面收 缩率/%	心部硬度 HV30
渗碳的坯件							
镦锻 (分解氨 1120℃烧结)	0.19	450	1200	—	10.0	37.4	390
复压 (分解氨 1120℃烧结)	0.23	720	1110	—	0.3	17.0	380
镦锻 (分解氨 1260℃烧结)	0.25	130	1590	—	13.0	47.5	489
复压 (分解氨 1260℃烧结)	0.25	110	1460	—	11.3	36.1	466
淬火与应力消除							
镦锻 (分解氨 1120℃烧结)	0.31	470	1790	—	9.0	27.3	532
复压 (分解氨 1120℃烧结)	0.32	700	1740	—	4.0	9.0	538
镦锻 (分解氨 1120℃烧结)	0.54	380	2050	—	1.3	—	694
复压 (分解氨 1120℃烧结)	0.50	520	2160	—	2.0	—	653
镦锻 (分解氨 1260℃烧结)	0.65	120	1600	—	—	—	710
复压 (分解氨 1260℃烧结)	0.67	130	1040	—	—	—	709
镦锻 (分解氨 1120℃烧结)	0.73	270	1110	—	—	—	767
复压 (分解氨 1120℃烧结)	0.85	370	1340	—	—	—	727
镦锻 (分解氨 1120℃烧结)	0.70	420	600	—	—	—	761
复压 (分解氨 1120℃烧结)	0.67	320	540	—	—	—	778
镦锻 (分解氨 1260℃烧结)	0.91	120	910	—	—	—	820
复压 (分解氨 1260℃烧结)	0.86	120	840	—	—	—	825

淬火与回火									
锻锻 (175℃回火)	0.28	720	1050	900	10.6	42.8	336		
锻锻 (分解氨 1260℃烧结)	0.37	1200	1450	1380	10.2	33.0	447		
锻锻 (345℃回火)	0.56	580	1680	1560	9.8	28.6	444		
锻锻 (345℃回火)	0.70	760	1800	1560	5.0	11.8	531		
锻锻 (425℃回火)	0.86	790	1420	110	10.4	30.0	450		
锻锻 (620℃回火)	0.26	920	840	700	22.6	57.6	269		
锻锻 (650℃回火)	0.38	860	860	780	20.8	56.5	288		
锻锻 (660℃回火)	0.55	840	917	820	17.8	49.5	305		
锻锻 (675℃回火)	0.73	820	860	860	15.4	42.7	304		
锻锻 (675℃回火)	0.87	920	1000	850	15.6	33.9	318		

表 6.5-8 铁-铜-碳合金的力学性能与疲劳性能
(分解氨中 1120℃烧结, 分解氨中再加热到 980℃锻造)

锻造方式	碳/%	氧 /10 ⁻⁶	抗拉强度 /MPa	0.2%屈服 强度/MPa	伸长率 /%	断面收 缩率/%	V 型缺口摆 锤式冲击吸 收功/J	心部硬度 HV30	疲劳强度 /MPa	疲劳强度与 抗拉强度之 比
锻锻 (静止空冷)	0.39	250	670	480	15	37.8	4.1	228	—	—
锻锻 (强制空冷)	0.40	210	800	660	12.5	38.3	5.4	61	325	0.40
复压 (静止空冷)	0.39	200	690	490	10	35.4	2.7	227	—	—
复压 (强制空冷)	0.41	240	800	580	10	36.5	4.1	269	345	0.43
锻锻 (静止空冷)	0.67	170	840	750	15	22.9	2.7	67	—	—
锻锻 (强制空冷)	0.66	160	980	870	10	24.9	4.1	32	470	0.48
复压 (静止空冷)	0.64	190	820	760	10	24.8	3.4	66	—	—
复压 (强制空冷)	0.67	170	980	880	10	20.6	4.7	311	460	0.47
锻锻 (静止空冷)	0.81	240	1020	620	10	19.2	2.7	337	—	—

Ultimer 04,304	烧结态	590	250	36	80HRB	10.8 (V 缺口)	7.8	7.9
Ultimer16,316	烧结态	690	310	26	94HRB	8.1 (V 缺口)	7.7	7.8
	固溶处理与淬火	680	330	45	90HRB	5.4 (V 缺口)	7.7	7.8
Ultimer40C,440C	烧结态	—	—	—	20-30HRB	2.7 (无缺口)	7.6	7.7
	淬火回火	—	—	—	50-60HRB	2.7 (无缺口)	7.6	7.7

表 6.5-12 全致密不锈钢的典型力学性能

工艺	材料	性能	粉末冶金	锻轧材料
挤压	317LM 气雾化粉末	抗拉强度/MPa	690	690
	装包套冷等静 压挤后的挤压 的管材	0.2%屈服强度/MPa	325	353
		断面收缩率/% 伸长率/%	71 47	73 50
热等静压	316 型粉末	抗拉强度/MPa	580	—
		0.2%屈服强度/MPa	290	—
		伸长率/%	58	—

表 6.5-13 粉末冶金铝合金的性能

合金元素 (质量分数) /%	制造方法	密度/ $g \cdot cm^{-3}$	屈服强度/MPa	抗拉强度/MPa	伸长率/%
4Mg-0.80Si-1.1C	机械合金+锻造	—	550	570	2
4Cu-1.5Mg-0.8Si-1.1C	机械合金+锻造	—	580	600	11
0.4Si-0.6Mg	冷锻	2.66	90	180	11
4.4Cu-0.8Si-0.5Mg	压制+烧结	2.64	200	250	
0.4Cu-0.8Si-0.5Mg	压制+烧结	2.45	176	183	
0.4Cu-1.0Mg-0.6Si	压制+烧结	.58	230	240	2
4Ti	机械合金化+热等静压	2.74	25	380	11
8Fe-2Mo	热等静压	2.89	470	490	7

表 6.5-14 普通铁基粉末冶金合金的组成

名称	组成
纯铁（钢）	最大 1%C
铜钢	1~2%Cu, 最大 1%C
铁镍合金	1~3%Ni, 最大 2.5%Cu, 最大 0.3%C
镍钢	1~8%Ni, 最大 2.5%Cu, 最大 1%C
低合金钢	0.3~2%Ni, 0.5~1%Mn, 0.4~0.8%C
铜熔渗钢	8~25%Cu, 最大 1%C
磷钢	0.4~0.8%P, 低碳
烧结硬化钢	1~3%Cr, 1~2%Mn, 2%Ni, 0.4~0.8%C

表 6.5-15 Fe-2Cu-0.8C 粉末冶金试样的物理力学性能

密度/ $g \cdot cm^{-3}$	6.65	6.85	7.15
孔隙度/%	14.2	.8	7.9
硬度 HRB	70	75	85
屈服强度/MPa	365	400	45
抗拉强度/MPa	425	495	620
伸长率/%	.3	1.8	2.5
横向断裂强度/MPa	890	020	320
疲劳强度/MPa	168	198	266

注：压制后，在 N_2-H_2 气氛中 120℃ 烧结 30min。

表 6.5-16 密度与热处理对 Fe-10Cu-0.3C 粉末冶金性能的影响

密度/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	6.4		7.1	
热状态	烧结	热处理	烧结	热处理
硬度	50HRB	25HRC	80HRB	40HRC
屈服强度/MPa	280	—	395	660
抗拉强度/MPa	30	380	550	690
伸长率/%	0.5	0.5	1.5	0.5
疲劳强度/MPa	115	145	210	260
冲击吸收功/J	4	—	11	—
弹性模量/GPa	90	90	30	130

表 6.5-17 各种粉末冶金技术制取 Ti-6Al-4V 合金的力学性能对比

工艺	孔隙度/%	屈服强度/MPa	抗拉强度/MPa	伸长率/%	断面收缩率/%
元素混合粉, 压制, 烧结	2	790	880	8	4
元素混合粉, 热等静压	<1	800	880	9	7
与合金粉, 热等静压	0	880	980	14	26

表 6.5-18 1500℃ 烧结至 100%密度的钨重合金的力学性能实例

组成 (质量分数) /%	密度/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	硬度 HRA	屈服强度/MPa	抗拉强度/MPa	伸长率/%
97W-2Ni-1Fe	8.6	65	610	900	19
93W-5Ni2Fe	17.7	64	590	930	30

90W-7Ni-3Fe	7.1	63	530	920	30
86W-4Mo-7Ni-3Fe	16.6	64	620	980	24
82W-8Mo-8Ni-2Fe	16.2	66	690	980	24
74W-16Mo-8Ni-2Fe	15.3	69	850	1150	10

表 6.5-19 粉末冶金 Al-SiC 复合材料 (6061 合金基体) 的力学性能

SiC (体积分数) /%	弹性模量/GPa	密度/ $g \cdot cm^{-3}$	屈服强度/MPa	伸长率/%
0	69	2.71	430	20
15	97	2.77	45	6
20	103	.80	450	5
25	114	2.8	475	4
30	121	2.85	510	0
40	138	2.91	380	<1

表 6.5-20 具有代表性的粉末冶金材料、工艺及疲劳强度极限

组成 (质量分数) /%	工艺	密度/ $g \cdot cm^{-3}$	测试方法	疲劳强度极限/MPa
Al-5Cu-0.5Mg-0.8Si	压制, 600°C 烧结 1h	2.6	—	53
Fe	压制, 1120°C 烧结 30min	6.0	旋转, R=-1	39
Fe	压制, 1120°C 烧结 30min	6.7	弯曲, R=0	67
Fe	压制, 1120°C 烧结 40min	6.9	旋转, R=-1	102
Fe	压制, 1150°C 烧结 1h	7.2	轴向, R=-1	65
Fe	压制, 1120°C 烧结 30min	7.3	旋转, R=-1	45
Fe	压制, 1250°C 烧结 2h	7.6	旋转, R=-1	181
Fe	1100°C × 200MPa 热等静压	7.68	轴向, R=-1	230
Fe-17Cr-4Cu-4Ni	粉末注射成形 1350°C × 2h 烧结, 热处理	7.5	旋转, R=-1	517
Fe-1.5Cu-0.6C	压制, 1120°C 烧结 30min, 热处理	7.0	弯曲, R=0	390

Fe-2Cu-0.5C	压制, 1120°C烧结 30min	7.1	旋转, R=-1	125
Fe-2Cu-0.8C	压制, 1120°C烧结 30min	6.7	旋转, R=-1	165
Fe-2Cu-0.8C	压制, 1120°C烧结 30min	7.0	旋转, R=-1	234
Fe-2Cu-0.8C	压制, 1120°C烧结 30min	7.15	旋转, R=-1	241
Fe-2Cu-0.8C	压制, 1330°C烧结 1h	7.1	旋转, R=-1	270
Fe-2Cu-2Ni-0.8C	压制, 1120°C烧结 30min, 热处理	7.0	旋转, R=-1	240
Fe-2Cu-2Ni-0.8C	压制, 1120°C烧结 30min, 热处理, 喷丸	7.0	旋转, R=-1	282
Fe-2Ni-0.5C	粉末注射成形, 1250×4h 烧结, 热处理	7.7	旋转, R=-1	239
Fe-2Ni-0.8C	压制, 1120°C烧结 30min, 热处理	7.12	旋转, R=-1	159
Fe-2Ni-0.8C	压制, 1175°C烧结 30min	6.9	旋转, R=-1	192