

润滑剂品种	压制压力/MPa	室温压制密度/g·cm <sup>-3</sup>	温压最大压坯密度/g·cm <sup>-3</sup>	最大温压压坯密度增幅/g·cm <sup>-3</sup>	最佳温压压制温度/°C
EBS	610	6.90	7.14	0.24	约 160
L	610	6.93	7.18	0.26	约 140
L	700	6.99	7.19	0.20	约 150
A	700	7.13	7.23	0.10	约 135

注：EBS 为一种常用的蜡润滑剂；L 和 A 两种为研究者自己配制的润滑剂。

表 15-10 用不同润滑剂于 610MPa 压力下压制的烧结试样的抗拉强度

润滑剂	A	L	EBS
室温压制抗拉强度/MPa	450	438	420
温压压制的抗拉强度/MPa	505	550	470
抗拉强度最大时的压制温度/°C	135	140	160

表 15-12 两种齿轮成本分析结果

工序	行星齿轮		固定齿轮	
	复烧复压成本比率/%	温压工艺成本比率/%	复烧复压成本比率/%	温压工艺成本比率/%
混粉/送粉	24	30	34	40
模具与压制	22	32	19	28
预烧结	8	—	7	—
烧结	14	16	12	14
复压	13	—	12	—
振动磨光	2	2	1	2
热处理	17	20	15	16
比率	100	100	100	100
制造成本/\$	0.35	0.31	0.40	0.37

表 15-13 各主要粉末冶金工艺的特点和成本比较

成形工艺	密度/g·cm <sup>-3</sup>	成本系数	工艺特点
传统一次压制一次烧结	<7.1	1.0	工序少，成本低，精度高，制品密度低
温压一次压制一次烧结	7.1~7.5	1.3	工序少，成本较低，精度高，生坯强度高，制品密度高
熔渗铜	7.0~全致密	1.4	工序较少，组织部均匀，制品密度高，强度性能较低
复压复烧	7.2~7.6	1.5	工序较多，不适用于复杂零件，制品密度较高
粉末锻造	>7.6	2.0	工序多，精度低，成本高，不适用于复杂零件，制品密度高

15-4 金属注射成型中一些粘结剂体系配方

配方序号	粘结剂组成体系	配方序号	粘结剂组成体系
1	60%PW, 20%PP, 10%CW, 1%SA	15	72%PS, 5%PE, 45%植物油, 5%SA
2	55%PW, 35%PE, 10%SA	16	47%PWVA, 53%磷脂酸
3	35%PW, 33%蜂蜡, 33%PEW, 1%SA	17	70%PW, 20%微晶蜡, 10%丁酮
4	69%PW, 10%PE, 20%EVA, 1%SA	18	65%环氧树脂, 25%蜡, 10%硬脂酸
5	69%PW, 20%PE, 10%CW, 1%SA	19	7%PVB, 62%糖醇, 18.6%甘油, 12.4%催化剂
6	80%~82.5%PW, 5%10%PE-AA, 10%~12%SA	20	4%琼脂, 3%甘油, 93%水
7	85~96%MEW 共混合物, 4%~15%LP	21	25%甲基纤维素, 13%甘油, 6%硼酸, 56%水

8	69%PW, 10%CW, 20%PB, 1%SA	22	12%-14%PVA, 4%-5%LP, 74%水, 5%-7%凝
9	69%PW, 1%CW, 10%EVA, 10%HDPE, 1%SA	23	30%PS, 60%AC, 10%SA
10	33.5%EVA, 33.5%PE, 16.5%SA, 16.5%PPB	24	80%PEG, 20%PMMA
11	25%PP, 75%花生油	25	70%PEG, 30%苯氧树脂
12	25%PP, 25%PW, 50%花生油	26	70%PEG, 25%PMMA, 5%OPEW
13	45%PS, 5%PE, 45%植物油, 5%SA	27	98%AC, 2%PW
14	58%PS, 30%矿物油, 12%植物油	28	92%改性 POM, 8%非催化成分

表 15-15 不同气氛下, 烧结 316L 不锈钢制品的密度和力学性能

气氛	烧结密度 /g·cm <sup>-3</sup>	相对密度 /%	屈服强度 /MPa	抗拉强度 /MPa	延伸率/%	硬度 HRB
N <sub>2</sub>	7.30	91.3	450	688	25	82
N <sub>2</sub> +H <sub>2</sub>	7.50	93.8	451	765	32	76
Ar+H <sub>2</sub>	7.80	97.5	280	630	52	69.5
Ar	7.84	98.0	220	630	42	70.5

表 15-16 不锈钢 MIM 材料性能 (美国 MIPF 标准 35)

材料代号 (状态)	最小值							标准值						
	拉伸性能				拉伸性能			杨氏模量	无缺口 夏比冲击功	硬度		耐蚀性		
	极限抗拉强度	屈服强度 (0.2%)	生长率 (在 2.4mm 内)	密度	极限抗拉强度	屈服强度	生长率 (在 2.4mm 内)			宏观 (表现)	显微(转换的)	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (g/dm <sup>2</sup> ·d)	CuSO <sub>4</sub>	沸水实验 (H <sub>2</sub> O)
	/MPa	/MPa	/%	/g·cm <sup>-3</sup>	/MPa	/MPa	/%	/GPa	/J	洛氏				
MIM-316L(烧结态)	450.0	140.0	40.0	7.6	520	175	50	190	190	67HB	—	<0.005	合格	合格
MIM-430L(烧结态)	345.0	205.0	20.0	7.5	415	240	25	—	—	65HRB	—	—	—	—
MIM-17-4P HL(烧结态)	795.0	650.0	4.0	7.5	900	730	6	190	70	27HRC	—	<0.005	合格	合格
MIM-17-4P HL(热处理态)	1070.0	965.0	4.0	7.5	1185	1090	6	190	—	33HRC	40HRC	<0.005	合格	合格

表 15-17 保护气氛的配比及烧结制品的密度和力学性能

气氛编号	气氛成分	烧结密度	相对密度/%	抗拉强度/MPa	屈服强度/MPa	延伸率/%	硬度 HRB	含碳量/%
------	------	------	--------	----------	----------	-------	--------	-------

		/g·cm <sup>-3</sup>						
1 <sup>#</sup>	真空	7.67	97.3	423	305	7	64	0.56
2 <sup>#</sup>	H <sub>2</sub> +N <sub>2</sub> (1:3)	7.47	94.7	368	179	12	55	0.33
3 <sup>#</sup>	H <sub>2</sub> +N <sub>2</sub> (1:1)	7.54	95.6	329	166	18	51	0.235
4 <sup>#</sup>	H <sub>2</sub> +N <sub>2</sub> (3:1)	7.60	96.0	304	160	21	48	0.055
5 <sup>#</sup>	H <sub>2</sub>	7.60	96.0	303	142	27	43	0.005

表 15-18 低合金钢 MIM 材料性能 (美国 MIPF 标准 35)

材料代号 (状态)	最小值							标准值			
	拉伸性能				拉伸性能			杨氏模量	无缺口夏比冲击功	硬度	
	极限抗拉强度	屈服强度(0.2%)	生长率(在2.4mm内)	密度	极限抗拉强度	屈服强度	生长率(在2.4mm内)			宏观(表现)	显微(转换的)
	/MPa	/MPa	/%	/g·cm <sup>-3</sup>	/MPa	/MPa	/%	/GPa	/J		
MIM-2200(烧结态)	255	110	20	7.6	290	125	40	190	135	45HRB	—
MIM-2700L(烧结态)	380	170	20	7.6	440	205	26	190	175	69HRB	—
MIM-4605HL(烧结态)	380	205	11	7.5	415	255	15	200	70	62HRB	—
MIM-4605(淬火与回火)	1485	1310	<1	7.5	1655	1480	2	205	55	48HRc	55HRC

表 16-2 一些碳化物的硬度和熔点

碳化物类型	间隙相						间隙化合物	
	TiC	ZrC	NbC	VC	WC	MoC	Cr <sub>23</sub> C <sub>6</sub>	Fe <sub>3</sub> C
硬度 HV	2850	2840	2050	2010	1730	1480	1950	约 860
熔点/°C	3410	3805	3770±125	3023	2687	2960±50	1530	约 1600

表 16-3 ISO 5755:2000(E) (国际标准化组织) 技术标准结构零件用铁基材料: 铁与碳钢

参数	符号	单位	铁				碳钢								备注
			代号				代号								
			-F-00 -100	-F-00 -K120	-F-00 -K140	-F-05 -K140	-F-05 -170	-F-05 -340H <sup>①</sup>	-F-05 -480 <sup>①</sup>	-F-08 -210	-F-08 -240	-F-08 -450	-F-08 -550H <sup>②</sup>		
化学成分 C <sub>化合</sub> <sup>③</sup> Cu Fe 其他元素总和, max		% % % %	<0.3 余量 2	<0.3 余量 2	<0.3 余量 2	0.3~0.6 余量 2	0.3~0.6 余量 2	0.3~0.6 余量 2	0.3~0.6 余量 2	0.6~0.9 余量 2	0.6~0.9 余量 2	0.6~0.9 余量 2	0.6~0.9 余量 2	标准值	
抗拉屈服强度, min	R <sub>p</sub> <sup>0.2</sup>	MPa	100	120	140	140	170			210	240				
极限抗拉强度, min	R <sub>m</sub>	MPa						340	480			450	550		
表观硬度		HV5	62	75	85	90	120	280HV10	300HV10	120	140	320HV10	360HV10	参考值	
		洛氏	60HRF	70 HRF	80 HRF	40 HRB	60 HRB	20 HRC	25 HRC	60 HRB	70 HRB	28 HRC	33 HRC		
密度	ρ	g/cm <sup>3</sup>	6.7	7.0	7.3	6.6	7.0	6.6	7.0	6.6	7.0	6.6	7.0		
抗拉强度	R <sub>m</sub>	MPa	170	210	260	220	275	410	550	290	390	520	620		
抗拉屈服强度	R <sub>p</sub> <sup>0.2</sup>	MPa	120	150	170	160	200	①	①	240	260	③	③		
伸长率	A <sub>25</sub>	%	3	4	7	1	2	nm <sup>④</sup>	nm <sup>④</sup>	1	1	nm <sup>④</sup>	nm <sup>④</sup>		
杨氏模量		GPa	120	140	160	115	140	115	140	115	140	115	140		
泊松比			0.25	0.27	0.28	0.25	0.27	0.25	0.27	0.25	0.27	0.25	0.27		
无缺口夏比冲击功		J	8	24	47	5	8	4	5	5	7	5	7		
压缩屈服强度(0.1%)		MPa	120	125	130	210	225	300	420	290	290	400	550		
横向断裂强度		MPa	340	500	660	440	550	720	970	510	690	790	950		
疲劳极限 90%存活率 <sup>⑤</sup>		MPa	65	80	100	80	105	160	220	120	170	210	260		

① 在 850℃, 于 0.5%碳势保护气氛中加热 30min 进行奥氏体化后淬火, 再在 180℃回火 1h。

② 在 850℃, 于 0.8%碳势保护气氛中加热 30min 进行奥氏体化后淬火, 再在 180℃回火 1h。

③ 经过热处理的材料, 抗拉屈服强度和极限抗拉强度近似相等。

④ nm=没有测量。

⑤ 由旋转弯曲试验测定存活率为 90%的疲劳耐久寿命，试样是按 ISO3928 (GB/T 4337) 切削加工的。

注：这些材料可通过添加剂提高可切削性，表中所列性能不变。

表 16-4 Fe-10%Cu 石墨烧结坯中未溶解 Cu 的合金分析

石墨添加量/%	不溶解 Cu (体积分数) /%
0	2.4
0.5	3.9
1.0	6.2

表 16-5 烧结铜钢的力学性能标准 (按 ASTM) ①

级别	类别	化合碳 /%	铜/%	密度 /g·cm <sup>-3</sup>	烧结状态			热处理状态②		
					抗拉强度 /kg·mm <sup>-2</sup>	延伸率 (25.4mm) /%	表观硬度 (HRB)	抗拉强度 /kg·mm <sup>-2</sup>	延伸率 (25.4mm) /%	表观硬度 (HR30N)
1	I	0.6~1.0	1.5	5.9	21	0~0.5	20	28	0~0.5	48.5
2			23.8		0~0.5	30	31.5	0~0.5	48.5	
3			23.1		0~0.5	30	31.5	0~0.5	47	
4			23.1		0.5	25	28.7	0~0.5	43	
1	II	0.6~1.0	1.5	6.3	28.7	0~0.5	50	34.3	0~0.5	56
2			33.6		0~0.5	60	37.8	0~0.5	56	
3			35.7		0.5	60	39.2	0~0.5	53	
4			32.9		0.7	55	35.7	0.5	50.5	
1	III	0.6~1.0	1.5	6.6	42.6	1.0	65	62.3	0.5	59.5
2			47.6		1.3	70	64.4	0.5	61	
1	IV	0.6~1.0	1.5	7.0	53.2	1.4	80	86.8	0.5	63.5
1	V	0.6~1.0	1.5	7.35	73.5	2.4	85	107.8	0.5	67

①ASTM 为美国材料试验协会；②热处理是自 871℃油中淬火和 204℃回火 1h。

表 16-6 结构零件用铁基材料：铜钢和铜-碳钢

参数	符号	单位	铜钢		铜-碳钢								备注	
			代号		代号									
化学成分 C <sub>化合</sub> <sup>③</sup> Cu Fe 其他元素总和, max			-F-00C2 -140	-F-00C2 -K175	-F-05C2 -K270	-F-05C2 -300	-F-05C2 -500H <sup>①</sup>	-F-05C2 -620H <sup>①</sup>	-F-08C2 -350	-F-08C2 -390	-F-08C2 -500H <sup>②</sup>	-F-08C2 -620H <sup>②</sup>		
		%	<0.3	<0.3	0.3~0.6	0.3~0.6	0.3~0.6	0.3~0.6	0.6~0.9	0.6~0.9	0.6~0.9	0.6~0.9		
		%	1.5~2.5	1.5~2.5	1.5~2.5	1.5~2.5	1.5~2.5	1.5~2.5	1.5~2.5	1.5~2.5	1.5~2.5	1.5~2.5	1.5~2.5	
		%	余量	余量	余量	余量	余量	余量	余量	余量	余量	余量	余量	
抗拉屈服强度, min	R <sub>p</sub> <sup>0.2</sup>	MPa	140	175	270	300	(3)	(3)	350	390	(3)	(3)		
极限抗拉强度, min	R <sub>m</sub>	MPa					500	620			500	620		
表观硬度		HV5	70	90	115	150	310HV10	390HV10	140	165	360HV10	430HV10		
		洛氏	26HRB	39HRB	57HRB	68HRB	27HRC	36HRC	70HRB	78HRB	33HRC	40HRC		
密度	ρ	g/cm <sup>3</sup>	6.6	7.0	6.6	7.0	6.6	7.0	6.6	7.0	6.6	7.0		
抗拉强度 <sup>④</sup>	R <sub>m</sub>	MPa	210	235	325	390	580	690	390	480	570	690		
抗拉屈服强度 <sup>④</sup>	R <sub>p</sub> <sup>0.2</sup>	MPa	180	205	300	330	③	③	360	420	③	③		
伸长率	A <sub>25</sub>	%	2	3	nm <sup>⑤</sup>	1	nm <sup>⑤</sup>	nm <sup>⑤</sup>	nm <sup>⑤</sup>	nm <sup>⑤</sup>	nm <sup>⑤</sup>	nm <sup>⑤</sup>		
杨氏模量		GPa	115	140	115	140	115	140	115	140	115	140		
泊松比			0.25	0.27	0.25	0.27	0.25	0.27	0.25	0.27	0.25	0.27		
无缺口夏比冲击功		J	7	8	7	10	5	7	7	8	6	6		
压缩屈服强度(0.1%)		MPa	160	185	380	400	560	660	450	480	560	690		
横向断裂强度		MPa	390	445	620	760	800	930	800	980	830	1000		
疲劳极限 90%存活率 <sup>⑥</sup>		MPa	80	80	130	200	220	260	150	200	230	220		
疲劳极限 50%存活率 <sup>⑥</sup>		MPa			110	160			120	150				

① 在 850℃，于 0.5%碳势保护气氛中加热 30min 进行奥氏体化后油淬火，再在 180℃回火 1h。

② 在 850℃，于 0.8%碳势保护气氛中加热 30min 进行奥氏体化后油淬火，再在 180℃回火 1h。

③ 经过热处理的材料，抗拉屈服强度和极限抗拉强度近似相等。

④ nm=没有测量。

⑤ 由旋转弯曲试验测定的存活率为 90%的疲劳耐久极限，试样是按 ISO3928 切削加工的。

⑥ 根据四点平面弯曲试验测定的存活率为 50%的疲劳耐久极限，试样是按 ISO3928 制造的，不是切削加工的。

注：这些材料可通过添加剂提高可切削性，但表中所列性能不变。

表 16-7 结构零件用铁基材料：镍钢

参数	符号	单位	镍钢											备注	
			代号												
			-F-05N2 -140	-F-05N2 -K180	-F-05N2 -K550 <sup>①</sup>	-F-05N2 -260	-F-08N2 -600H <sup>②</sup>	-F-08N2 -600H <sup>②</sup>	-F-08N2 -600H <sup>①</sup>	-F-05N4 -180	-F-05N4 -240	-F-05N4 -600H <sup>②</sup>	-F-05N4 -900H <sup>②</sup>		
化学成分															
C <sub>化合</sub> <sup>③</sup>		%	0.3~0.6	<0.3	<0.3	0.3~0.6	0.6~0.9	0.6~0.9	0.6~0.9	0.3~0.6	0.3~0.6	0.3~0.6	0.3~0.6		
Ni		%	1.5~2.5	1.5~2.5	1.5~2.5	1.5~2.5	1.5~2.5	1.5~2.5	1.5~2.5	3.5~4.5	3.5~4.5	3.5~4.5	3.5~4.5		
Fe		%	余量	余量	余量	余量	余量	余量	余量	余量	余量	余量	余量		
其他元素总和, max		%	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
抗拉屈服强度, min	R <sub>p</sub> <sup>0.2</sup>	MPa	140	180	③	③	26.	③	③	180	240	③	③		
极限抗拉强度, min	R <sub>m</sub>	MPa			550	800		600	900			600	900		
外观硬度		HV5	80	140	300HV10	350HV10	160	350HV10	380HV10	107	145	270HV10	350HV10		
		洛氏	44HRB	62 HRB	23 HRC	31 HRC	74 HRB	26 HRC	35 HRC	5. HRB	71 HRC	21 HRC	31 HRC		
密度	ρ	g/cm <sup>3</sup>	6.6	7.0	6.6	7.0	7.0	6.6	7.0	6.6	7.0	6.6	7.0		
抗拉强度	R <sub>m</sub>	MPa	280	360	620	900	430	620	1000	285	410	610	930		
抗拉屈服强度	R <sub>p</sub> <sup>0.2</sup>	MPa	170	220	③	③	300	③	③	220	280	③	③		
伸长率	A <sub>25</sub>	%	1.5	2.5	nm <sup>④</sup>	nm <sup>④</sup>	1.5	nm <sup>④</sup>	nm <sup>④</sup>	1.0	3.0	nm <sup>④</sup>	nm <sup>④</sup>		
杨氏模量		GPa	115	140	115	140	140	120	140	115	140	115	140		
泊松比			0.25	0.27	530	650	350	680	940	240	280	510	710		
无缺口夏比冲击功		J	8	20	5	7	15	5	7	8	20	6	9		

标准值

参考值

压缩屈服强度(0.1%)		MPa	230	270	530	650	350	680	940	240	280	510	710
横向断裂强度		MPa	450	740	830	1200	800	830	1280	500	830	860	1380
疲劳极限 90%存活率 <sup>⑤</sup>		MPa	100	130	180	260	150	200	320	120	150	190	290

① 在 850℃，于 0.5%碳势保护气氛中加热 30min 进行奥氏体化后油淬火，再在 180℃回火 1h。

② 在 850℃，于 0.8%碳势保护气氛中加热 30min 进行奥氏体化后油淬火，再在 180℃回火 1h。

③ 经过热处理的材料，抗拉屈服强度和极限抗拉强度近似相等。

④ nm=没有测量。

⑤ 由旋转弯曲试验测定的存活率为 90%的疲劳耐久极限，试样是按 ISO3928 切削加工的。

表 16-8 结构零件用铁基材料：扩散合金化镍-铜-钼钢

参数	符号	单位	镍-铜-钼 <sup>①</sup>										备注
			代号										
化学成分			-FD-05N2C	-FD-05N2C	-FD-05N2C	-FD-05N2C	-FD-05N2C	-FD-05N4C	-FD-05N4C	-FD-05N4C	-FD-05N4C	-FD-05N4C	标准值
			-360	-400	-440	-950H <sup>②</sup>	-1100H <sup>②</sup>	-400	-440	-450	-950H <sup>②</sup>	-1100H <sup>②</sup>	
C <sub>化合</sub> <sup>③</sup>		%	0.3~0.6	0.3~0.6	0.3~0.6	0.3~0.6	0.3~0.6	0.3~0.6	0.3~0.6	0.3~0.6	0.3~0.6	0.3~0.6	
Ni		%	1.5~2.0	1.5~2.0	1.5~2.0	1.5~2.0	1.5~2.0	3.5~4.5	3.5~4.5	3.5~4.5	3.5~4.5	3.5~4.5	
Cu		%	1.0~2.0	1.0~2.0	1.0~2.0	1.0~2.0	1.0~2.0	1.0~2.0	1.0~2.0	1.0~2.0	1.0~2.0	1.0~2.0	
Mo		%	0.4~0.6	0.4~0.6	0.4~0.6	0.4~0.6	0.4~0.6	0.4~0.6	0.4~0.6	0.4~0.6	0.4~0.6	0.4~0.6	
Fe		%	余量	余量	余量	余量	余量	余量	余量	余量	余量	余量	
其他元素总和, max		%	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
抗拉屈服强度, min	R <sub>p</sub> <sup>0.2</sup>	MPa	360	400	440	③	③	400	420	450	③	③	
极限抗拉强度, min	R <sub>m</sub>	MPa				950	1100				930	1100	
表观硬度		HV5	155	180	210	400HV10	480HV10	170	200	230HV10	390HV10	460HV10	
		洛氏	73HRB	80HRB	86HRB	37HRC	45HRC	82HRB	86HRB	92HRB	36HRC	43HRC	
密度	ρ	g/cm <sup>3</sup>	6.9	7.1	7.4	7.1	7.4	6.9	7.1	7.4	7.1	7.4	
抗拉强度 <sup>④</sup>	R <sub>m</sub>	MPa	540	590	680	1020	1170	650	750	875	1000	1170	



抗拉屈服强度 <sup>④</sup>	R <sub>p</sub> <sup>0.2</sup>	MPa	390	420	460	③	③	440	460	485	③	③	参 考 值
伸长率	A <sub>25</sub>	%	2		4	nm <sup>⑤</sup>	nm <sup>⑤</sup>	1	2	3	nm <sup>⑤</sup>	nm <sup>⑤</sup>	
杨氏模量		GPa	135	150	170	150	170	135	150	170	150	170	
泊松比			0.27	0.27	0.28	0.27	0.28	0.27	0.27	0.28	0.27	0.28	
无缺口夏比冲击功		J	14	22	38	11	25	21	28	9	10	15	
压缩屈服强度(0.1%)		MPa	350	380	430	1170	1380	410	440	510	1050	1240	
横向断裂强度		MPa	1040	1200	1450	1420	1650	1220	1380	1630	1420	1650	
疲劳极限 90%存活率 <sup>⑥</sup>		MPa	190	220	260	400	490	200	240	290	350	410	
疲劳极限 50%存活率 <sup>⑦</sup>		MPa	170	200	240	380	—	190	220	260	—	—	

① 在 850℃，于 0.5%碳势保护气氛中加热 30min 进行奥氏体化后油淬火，再在 180℃回火 1h。

② 在 850℃，于 0.8%碳势保护气氛中加热 30min 进行奥氏体化后油淬火，再在 180℃回火 1h。

③ 经过热处理的材料，抗拉屈服强度和极限抗拉强度近似相等。

④ 性能是按 ISO2740 制得的试样经压制，烧结及热处理后（不进行切削加工）测定的。

⑤ nm=没有测量。

⑥ 由旋转弯曲试验测定的存活率为 90%的疲劳耐久极限，试样是按 ISO3928 切削加工的。

⑦ 根据四点平面弯曲试验测定的存活率为 50%的疲劳耐久极限，试样是按 ISO3928 制造的，不是切削加工的。

表 16-9 结构零件用铁基材料：预合金镍-钼-锰钢

参数	符号	单位	镍-钼-锰钢 <sup>①</sup>						备注	
			代号							
化学成分			-FL -05M07N -620H <sup>②③</sup>	-FL -05M07N -830H <sup>②③</sup>	-FL -05M1 -940H <sup>②③</sup>	-FL -05M1 -1120H <sup>③④</sup>	-FL -05N2M -650H <sup>④⑤</sup>	-FL -05N2M -860H <sup>④⑤</sup>	标准值	
	C <sub>化合</sub>	%	0.4~0.7	0.4~0.7	0.4~0.7	0.4~0.7	0.4~0.7	0.4~0.7		0.4~0.7
	Ni	%	0.4~0.5	0.4~0.5	—	—	1.75~1.79	1.75~1.79		1.75~1.79
	Mn	%	0.55~0.85	0.55~0.85	0.75~0.95	0.75~0.95	0.50~0.85	0.50~0.85		0.50~0.85
	Mo	%	0.2~0.5	0.2~0.5	0.10~0.25	0.10~0.25	0.1~0.6	0.1~0.6		0.1~0.6
	Fe	%	余量	余量	余量	余量	余量	余量		余量
其他元素总和, max	%	2	2	2	2	2	2	2		
抗拉屈服强度, min	R <sub>p</sub> <sup>0.2</sup>	MPa	⑥	⑥	⑥	⑥	⑥	⑥	参考值	
极限抗拉强度, min	R <sub>m</sub>	MPa	620	830	940	1120	650	860		
表观硬度		HV10	340	380	350	380	320	380		
		洛氏	30HRC	36HRC	32HRC	36HRC	28HRC	35HRC		
密度	ρ	g/cm <sup>3</sup>	6.7	7.0	7.0	7.2	6.7	7.0		
抗拉强度 <sup>⑦</sup>	R <sub>m</sub>	MPa	690	900	1020	1190	720	930		
伸长率 <sup>⑦</sup>	A <sub>25</sub>	%	nm <sup>⑧</sup>	nm <sup>⑧</sup>	nm <sup>⑧</sup>	nm <sup>⑧</sup>	nm <sup>⑧</sup>	nm <sup>⑧</sup>		
杨氏模量		GPa	120	140	140	155	120	140		
泊松比			0.25	0.27	0.27	0.27	0.25	0.27		
无缺口夏比冲击功		J	8	11	10	15	7	12		
压缩屈服强度(0.1%)		MPa	650	970	1140	1270	750	1000		
横向断裂强度		MPa	1020	1280	1480	1750	1100	1390		
疲劳极限 90%存活率 <sup>⑨</sup>		MPa	240	300	310	360	250	330		

- ① 这些材料是由预合金粉末与石墨粉的混合粉制成的。
- ② 预合金基粉末的名义成分（质量分数）是：0.45%Ni, 0.7%Mo, 0.35%Mn, Fe 余量。
- ③ 在 850℃, 于 0.6%的碳势保护气氛中加热 30min 奥氏体化后油淬火, 再在 180℃回火 1h。
- ④ 预合金基粉末名义成分（质量分数）: 0.85%Mo, 0.2%Mn, 余量 Fe。
- ⑤ 预合金基粉末名义成分（质量分数）: 1.8%Ni, 0.7%Mo, 0.3%Mn, 余量 Fe。
- ⑥ 经热处理材料的抗拉屈服强度和极限抗拉强度近似相等。
- ⑦ 热处理态的拉伸性能是由 ISO2740 切削加工的试样测定的。
- ⑧ nm=没有测量。
- ⑨ 由旋转弯曲试验测定的存活率为 90%的疲劳耐久极限, 试样是按 ISO3928 切削加工的。

表 16-10 用于烧结不锈钢的主要品种和使用特点

不锈钢材料品种	应用特点
FL303	需要补充机械加工的烧结易切削奥氏体不锈钢, 耐蚀性不如 FL304, FL316
FL304	是 Cr18Ni8 型 (简称 18-8) 基础上发展起来的, 较经济的奥氏体不锈钢, 耐蚀性和机械加工性不如 FL316, 适用于材料费用占据比例大的制品
FL316	冶金不锈钢烧结零件中应用最多的奥氏体中, 耐蚀性和粉末冶金工艺性及机械加工性均好, 无磁性
FL410	属于马氏体型不锈钢, 可热处理, 可增加碳提高其硬度和耐磨性。用于生产硬的耐磨部件, 耐蚀性比奥氏体不锈钢差
FL430、FL434	于铁素体钢种, 耐蚀性比 FL410 好, 膨胀系数, FL430 和 FL434dou 是含 18%Cr 的, 但 FL434 还加入了 1%Mo。FL434 的耐蚀性是 400 系粉末中最好的, 尤其适用于汽车部件、此两种铁素体钢均是铁磁性的

表 16-11

参数	符号	单位	奥氏体不锈钢							马氏体不 锈钢	铁素体不锈钢			备注
			代号							代号	代号			
化学成分			-FL303 -170N <sup>①</sup> 303	-FL303 -260 <sup>②</sup> 303	-FL304 -210 <sup>①</sup> 304	-FL304 -260 <sup>②</sup> 304	-FL316 -170N <sup>①</sup> 316	-FL316 -260N <sup>②</sup> 316	-FL316 -150N <sup>③</sup> 316L	-FL410 -620H <sup>④</sup> 410	-FL430 -140N <sup>⑤</sup> 410L	-FL430 -170N <sup>⑤</sup> 430L	-FL430 -170N <sup>⑤</sup> 434	
Cr		%	17~19	17~19	18~20	18~20	16~18	16~18	16~18	16~18	11.5~13.5	16~18	11.5~13.5	
Ni		%	8~13	8~13	8~12	8~12	8~14	8~14	8~14	8~14	—	—	—	
Mo		%	—	—	—	—	2~3	2~3	2~3	2~3	—	—	—	
S		%	0.15~0.30	0.15~0.30	—	—	—	—	—	—	<0.3	<0.03	0.75~1.25	
C		%	<0.15	<0.15	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	
N		%	0.2~0.6	0.2~0.6	0.2~0.6	0.2~0.6	0.2~0.6	0.2~0.6	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	
Fe		%	余量	余量	余量	余量	余量	余量	余量	余量	余量	余量	余量	
其他元素总和, max		%	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
抗拉屈服强度, min	R <sub>p</sub> <sup>0.2</sup>	MPa	170	260	210	260	170	260	150	⑥	140	170	170	
极限抗拉强度, min	R <sub>m</sub>	MPa												
表观硬度		HV10	120	180	125	140	115	125	75	300HV10 ④	80	80	95	
		洛氏	62HRB	70HRB	61HRB	68HRB	50HRB	65HRB	45HRB	23HRC <sup>④</sup>	45HRB	45HRB	50HRB	
密度	ρ	g/cm <sup>3</sup>	6.4	6.9	6.4	6.9	6.4	6.9	6.9	6.5	6.9	7.1	7.0	
抗拉强度 <sup>⑦</sup>	R <sub>m</sub>	MPa	270	470	300	480	280	480	390	720	330	340	340	
伸长率 <sup>⑦</sup>	A <sub>25</sub>	%	nm <sup>⑦</sup>	10	nm <sup>⑦</sup>	8	nm <sup>⑦</sup>	13	21	nm <sup>⑦</sup>	16	20	25	
杨氏模量		GPa	105	140	105	140	105	140	140	125	165	170	165	

泊松比			0.25	0.27	0.25	0.27	0.25	0.27	0.27	0.25	0.27	0.27	0.27
无缺口夏比冲击功		J	5	47	5	34	7	65	88	3	68	108	88
压缩屈服强度(0.1%)		MPa	260	320	260	320	250	320	220	640	190	230	230
横向断裂强度		MPa	590	nm <sup>⑦</sup>	nm <sup>⑦</sup>	nm <sup>⑦</sup>	nm <sup>⑦</sup>	nm <sup>⑦</sup>	nm <sup>⑦</sup>	780	nm <sup>⑦</sup>	nm <sup>⑦</sup>	nm <sup>⑦</sup>
疲劳极限 90%存活率 <sup>⑧</sup>		MPa	90	145	105	160	75	130	115	240	125	170	150

①-FL303-170N,-FL301-210N,-FL316-170N 都是含有氮气氛（如分解氨）中烧结的。

②-FL303-260N,-FL304-260N,-FL316-260N 都是含有氮气氛（如分解氨）中烧结的。

③-FL316-150N,是于 1290℃在无氮气氛（如氢气，或真空中反充氨气）中烧结的。

④-

