

第六篇 硬质合金冶金材料及其制品生产新技术新工艺及质量检验

第三章 硬质合金化学分析方法

第四节 过氧化物光度法测定钛量

表 1

钛量, %	试样量, g	容量瓶体积, ml	比色皿, cm
0.2~4	0.2000	250	2
2~8	0.2000	250	1
5~15	0.2000	500	1
10~30	0.1000	500	1

表 2 %

钛量	二个独立测定结果的允许差	三个独立测定结果的允许差
0.20~5.00	0.10	0.12
>5.00~8.00	0.15	0.18
>8.00~15.00	0.20	0.25
15.00	0.30	0.35

第四章 硬质合金制品生产新技术新工艺及质量检验

第一节 硬质合金顶锤与压缸

表 1 DC6 型尺寸及允许偏差 mm

型号	D		a×a		H		α
	公称尺寸	允许偏差	公称尺寸	允许偏差	公称尺寸	允许偏差	
DC614	70.6	+1.0	14×14	±0.4	59.5	+1.0	46°
DC622	70.6	+1.0	22×22	±0.4	59.5	+1.0	46°
DC625	70.6	+1.0	25.5× 25.5	±0.4	53.5	+1.0	46°

表 2 DC2 型尺寸及允许偏差 mm

型号	D		H		d		α
	公称尺寸	允许偏差	公称尺寸	允许偏差	公称尺寸	允许偏差	
DC220	71	+1.0	66	+1.0 -0.5	20	-0.5	80°
DC225	79	+1.0	67	+1.0 -0.5	25	-0.7	80°

表 3 DG2 型尺寸及允许偏差 mm

型号	D		H		d		h	α	R
	公称尺寸	允许偏差	公称尺寸	允许偏差	公称尺寸	允许偏差			
DG220	121	+3.0	70	+2.0	19.6	-1.0	29	80°	10
DG225	121	+3.0	65	+2.0	24.6	-1.0	28	80°	10

表 4 硬质合金制品的物理机械性能

类别	牌号	抗弯强度 Kg/mm ² 不低于	洛氏硬度 HRA 不低于	密度 g/cm ³
顶锤	YG8	180	89.5	14.65~14.9
	YG6	160	90.0	14.8~15.1
压缸	YG15	220	87	13.9~14.1

表 5 硬质合金制品的组织结构

类别	牌号	孔隙度(体积%) 不大于	石墨夹杂(体积%) 不大于	污垢度 μ 不大于
顶锤	YG8	0.1	0.2	150
	YG6	0.1	0.2	150
压缸	YG15	0.1	0.2	150

第二节 量具用硬质合金毛坯

表 1 LH 型及其尺寸

mm

型号	公称尺寸		
	d	D	H
LH0300705	3.0	7.0	5.0
LH 0350705	3.5		
LH 0400905	4.0	9.0	
LH 0450905	4.5		
LH 0401005	4.0	10.0	
LH 0451005	4.5		
LH 0501005	5.0		
LH 0551006	5.5		
LH 0601206	6.0	12.0	6.0
LH 0651206	6.5		
LH 0701206	7.0		
LH 0751206	7.5		
LH 0801206	8.0		
LH 0851206	8.5		
LH 0901606	9.0	16.0	8.0
LH 0951606	9.5		
LH 1001608	10.0		
LH 1102008	11.0	20.0	
LH 1202008	12.0		
LH 1302008	13.0		
LH 1402208	14.0		
LH 1502208	15.0	22.0	10.0
LH 1602208	16.0		
LH 1702710	17.0	27.0	
LH 1802710	18.0		

LH 1902710	19.0	32.0	14.0
LH 2002710	20.0		
LH 2103210	21.0		
LH 2203210	22.0		
LH 2303210	23.0		
LH 2403210	24.0	37.0	
LH 2503710	25.0		
LH 2603710	26.0		
LH 2703710	27.0		
LH 2803710	28.0		
LH 2903710	29.0	45.0	
LH 3004514	30.0		
LH 3104514	31.0	50.0	
LH 3205014	32.0		
LH 3305014	33.0		
LH 3405514	34.0	55.0	
LH 3505514	35.0		
LH 3706014	37.0	60.0	
LH 3906014	39.0		

表 2 LS 型及其尺寸

mm

型号	公称尺寸			
	D	d	H	e
LS060304	6.6	3.5	4.0	—
LS 060306			6.0	
LS 060308			8.0	
LS 070304	7.6		4.0	
LS 070306			6.0	
LS 070308			8.0	
LS 080504	8.6	5.0	4.0	0.4
LS 080506			6.0	
LS 080510			10.0	
LS 090504	9.6		4.0	
LS 090504			6.0	
LS 090510			10.0	
LS 100604	10.8	6.0	4.0	
LS 100606			6.0	
LS 100610			10.0	
LS 110605	11.8		5.0	
LS 110606			6.0	
LS 110610			10.0	
LS 120805	12.8	8.0	5.0	
V120806			6.0	

LS 120810			10.0	
LS 130805			5.0	
LS 130806	13.8		6.0	
LS 130810			10.0	
LS 140805			5.0	
LS 140806	14.8		6.0	
LS 140810			10.0	
LS 150806			6.0	
LS 150808	15.8		8.0	
LS 150812			12.0	
LS 161006			6.0	
LS 161008	16.8		8.0	
LS 161012			12.0	
LS 171006		10.0	6.0	
LS 171008	17.8		8.0	
LS 171012			12.0	
LS 181306			6.0	
LS 181308	18.8		8.0	
LS 181312			12.0	
LS 191306		13.0	6.0	
LS 191308	19.8		8.0	
LS 191312			12.0	
LS 201506			6.0	0.8
LS 201508	20.8		8.0	
LS 201512			12.0	
LS 211506		15.0	6.0	
LS 211508	21.8		8.0	
LS 211512			12.0	
LS 221706			6.0	
LS 221708	22.8		8.0	
LS 221712		17.0	12.0	
LS 231706			6.0	
LS 231708	23.8		8.0	
LS 231712			12.0	
LS241806			6.0	
LS 241808	24.8		8.0	
LS 241812		18.0	12.0	
LS 251808			8.0	1.0
LS 251810	25.8		10.0	
LS 251816			16.0	
LS 262008			8.0	
LS 262010	26.8	20.0	10.0	
LS 262016			16.0	

LS 282008	28.8		8.0		
LS 282010			10.0		
LS 282016			16.0		
LS 302408	30.8	24.0	8.0		
LS 302410			10.0		
LS 302412			12.0		
LS 302416			16.0		
LS 322508	32.8	25.0	8.0		1.2
LS 322512			12.0		
LS 322516			16.0		
LS 322520			20.0		
LS 342508	34.8		8.0		
LS 342512			12.0		
LS 342516			16.0		
LS 342520			20.0		
LS 352608	35.8	26.0	8.0		
LS 352612			12.0		
LS 352616			16.0		
LS 352620			20.0		
LS 372808	37.8	28.0	8.0		
LS 372812			12.0		
LS 372816			16.0		
LS 372820			20.0		
LS 382808	38.8		8.0		
LS 382812			12.0		
LS 382816			16.0		
LS 382820			20.0		
LS 393012	39.8	30.0	12.0		
LS 393016			16.0		
LS 393020			20.0		
LS 393025			25.0		
LS 403212	40.8	32.0	12.0		
LS 403216			16.0		
LS 403220			20.0		
LS 403225			25.0		
LS 423212	42.8		12.0		
LS 423216			16.0		
LS 423220			20.0		
LS 423225			25.0		

表 3 LK 型及其尺寸

mm

型号	公称尺寸		
	B	L	S

LK0250502	2.5	5.0	2.0
LK0250602		6.0	
LK0250802		8.0	
LK0251002		10.0	
LK0251602		16.0	
LK0300506	3.0	5.0	3.0
LK0300602		6.0	2.5
LK0300603		6.0	3.0
LK0300802		8.0	2.5
LK0301002		10.0	
LK0301003			3.0
LK0301202		12.0	2.5
LK0301203			3.0
LK0301602		16.0	2.5
LK0301603			3.0
LK0400503	4.0	5.0	2.5
LK0400602		6.0	
LK0400603			3.0
LK0400803		8.0	2.5
LK0401002		10.0	
LK0401003			3.0
LK0401202		12.0	2.5
LK0401602			16.0
LK0401603		20.0	
LK0402004			
LK0402504			25.0
LK0500503	5.0	5.0	3.0
LK0500603		6.0	
LK0501003		10.0	
LK0501203		12.0	3.5
LK0501603		16.0	3.0
LK0501604			4.0
LK0502003		20.0	3.5
LK0502004			4.0
LK0502503		25.0	3.5
LK0502504			4.0
LK0600603	6.0	6.0	3.0
LK0600803		8.0	
LK0601003		10.0	
LK0601203		12.0	3.5
LK0601603		16.0	
LK0601803		18.0	
LK0602003		20.0	

LK0602503		25.0	
LK0602504			4.0
LK0801603	0.8	16.0	3.5
LK0802503		25.0	
LK0802504			4.0
LK0953002	9.5	30.5	2.5
LK0953003			3.0
LK0953004			4.0
LK0953005			5.0
LK0953006			6.0
LK0953007			7.0
LK0953008			8.0
LK 1203004	12.0		4.0
LK 1402804	14.0	28.0	
LK 1501804	15.0	18.0	
LK 1802505	20.0	25.0	5.0
LK 1803005		30.5	
LK 1803505		35.0	
LK 2003010	29.0	30.5	10.0
LK 2003510		35.0	
LK 2503510	25.0		
LK 3003510	30.0		
LK 3504010	35.0	40.0	

表 4 LC 型及其尺寸 mm

型号	公称尺寸	
	D	S
LC07013	7.0	1.3
LC 08515	8.5	1.5
LC 10515	10.5	

表 5 LH 型毛坯的允许偏差 mm

公称内径	允许偏差	
	普通级	较高级
≤3	0	0
	-0.3	-0.25
>3~6	0	0
	-0.4	-0.3
>6~12	0	0
	-0.5	-0.4
>12~16	0	0
	-0.6	-0.5
	0	0

>16~18	-0.6 0	-0.6 0
>18~25	-0.7 0	-0.6 0
>25~32	-0.8 0	-0.75 0
>32~40	-0.9	-0.9

表 6 LH 毛坯外径及高度的允许偏差 mm

公称外径 (或高度)	允许偏差	
	普通级	较高级
≤12	±0.3	±0.25
>12~18	±0.4	±0.3
>18~25	±0.45	±0.35
>25~32	±0.5	±0.45
>32~40	±0.6	±0.5
>40~50	±0.75	±0.5
>50~60	±0.9	±0.5

表 7 LS 型毛坯外径的允许偏差 mm

公称外径	允许偏差	
	普通级	较高级
≤12	+0.45 0	+0.40 0
>12~16	+0.55 0	+0.50 0
>16~18	+0.55 0	+0.55 0
>18~25	+0.60 0	+0.55 0
>25~32	+0.70 0	+0.60 0
>32~40	+0.80 0	+0.70 0
>40~50	+0.90 0	+0.80 0

表 8 LS 内径及高度的偏差 mm

公称内径 (或高度)	允许偏差	
	普通级	较高级
≤4	±0.25	±0.20
>4~16	±0.30	±0.25
>16~18	±0.40	±0.30
>18~25	±0.45	±0.35

>25~32	±0.50	±0.50
--------	-------	-------

表 9 LK 型毛坯尺寸的允许偏差

mm

公称尺寸	允许偏差	
	普通级	较高级
≤2.5	+0.30	+0.25
	0	0
	+0.40	+0.30
>2.5~6	0	0
	+0.50	+0.40
>6~12	0	0
	+0.60	+0.50
>12~16	0	0
	+0.70	+0.60
>16~20	0	0
	+0.80	+0.70
>20~25	0	0
	+0.90	+0.80
>25~32	0	0
	+1.00	+0.90
>32~40	0	0

表 10 LC 型毛坯尺寸的允许偏差

mm

公称尺寸	允许偏差	
	普通级	较高级
D	+0.45	+0.40
	0	0
S	+0.30	+0.25
	0	0

表 11 LK 型毛坯支承面的平面度

mm

	≤4		>4	
	普通级	较高级	普通级	较高级
≤18	0.25	0.20	0.20	0.15
>18~30	0.28	0.25	0.25	0.20
>30~40	0.40	0.30	0.30	0.25

第三节 内排屑深孔钻用硬质合金刀片

表 1 中心齿型 E10 及尺寸

mm

型号	公称直径						实用装配内排屑 深空钻头的直径范围
	A	B	C	L	R	e	
E1005	5.5	1.5	3.5	6	2	0.5	Φ20~24
E1006	6.5	2.5	4	6.5	2.5	0.5	>Φ24~28.5
E1008	8	4	4.5	7	3	0.5	>Φ28.5~33.5

E1009	9	4	5	8	3	0.8	>Φ33.5~43
E1011	11	5	6	9.5	4	0.8	>Φ43~51.5
E1013	13	6	6	11	5	0.8	>Φ51.5~65

表 2 中间齿 E20 型号及尺寸 mm

型号	公称直径					实用装配内排屑 深空钻头的直径范围
	A	C	L	R	e	
E2004	4	3.5	7	2	0.5	Φ20~24
E2005	5	4	8	2.5	0.5	>Φ24~28.5
E2006	6	4.5	8	3	0.5	>Φ28.5~33.5
E2007	7	5	9	3	0.8	>Φ33.5~43
E2008	8.5	6	10	4	0.8	>Φ43~51.5
E2011	11	6	12	5	0.8	>Φ51.5~65

表 3 外齿型 E30 型号及尺寸 mm

型号	公称尺寸					实用装配内排屑 深空钻头的直径范围
	A	C	L	R	e	
E3005	5.5	3.5	8	2	0.5	Φ20~24
E3006	6	4	8	2.5	0.5	>Φ24~28.5
E3007	7	4.5	9	3	0.5	>Φ28.5~33.5
E3008	8.5	5	10	3	0.8	>Φ33.5~43
E3010	10	6	11	4	0.8	>Φ43~51.5
E3012	12	6	13	5	0.8	>Φ51.5~65

表 4 导向块 E40 型号及尺寸 mm

型号	公称尺寸					实用装配内排屑 深空钻头的直径范围
	A	C	L	R	e	
E4005	5	3.5	9	2.5	0.5	Φ20~28.5
E4006	6	4	10	3	0.5	>Φ28.5~33.5
E4008	8	5	12	4	0.8	>Φ33.5~51.5
E4010	10	6	15	5	0.8	>Φ51.5~65

表 5 刀片的尺寸允许偏差 mm

公称尺寸	≤6	>6~12	>12~25
较高级	±0.15	±0.20	±0.30
普通级	±0.30	±0.40	±0.60

表 6 刀片尺寸允许偏差 mm

公称尺寸	R	e
允许偏差	+0.5	±0.2

第四节 线、棒和管拉模具用硬质合金模坯

表 1

mm

型号	d ₀₂	h ₀₂	d ₀₁	d ₀₄	d ₀₅	2α ±1°	2β ±2°	±4°
I	8	4	—	4.2	2.2	—	90°	90°
	10	8	—	7.6	4.2			

表 2

mm

型式	d ₀₂	h ₀₂	d ₀₁	d ₀₄	d ₀₅	2α ±1°	2β ±2°	2γ ±4°
II	8	4	—	4.2	2.2	12°	90°	90°
			7.6	4.2	—			90°
			0.1	3.6	2.2			90°
			0.3	3.6	2.2			90°
	0.3	6.0	3.5	90°				
	0.6	6.0	4.0	90°				
	1.0	6.0	4.0	90°				
	1.5	6.0	4.5	90°				
	12	10	0.2	7.0	4.5		75°	
	14	12	0.6	7.0	4.5			
	16	13	1.0	7.0	5.0			14°
			1.4	7.0	5.0			12°
	20	17	1.8	8.0	5.0	14°		
	25	20	0.2	7.0	5.0			
	30	24	1.0	7.0	5.0			16°
			1.4	7.0	5.0			
	III	20	17	1.8	8.0		5.5	60°
				2.4	8.0		6.0	
		25	20	0.3	8.0		5.0	
				0.6	8.0		5.0	
30		24	1.0	8.5	5.0			
			1.4	9.0	5.5			
			1.8	9.0	6.0			
			2.2	9.5	6.5			
			2.6	9.5	6.5			
			3.0	9.5	7.0			
			1.0	8.5	6.0			
			1.6	8.5	6.0			
2.2		10.0	6.5					
2.8		10.0	7.0					
3.4	11.0	8.0						
2.0	11.5	7.0						
2.7	12.0	7.5						

			3.4	13.0	8.0			
			3.0	15.0	9.0			
			3.7	16.0	9.0			
			4.0	12.0	8.5			
			4.6	12.5	9.0			
			4.1	13.5	8.5			
			4.8	14.0	9.0			
			5.5	14.5	10.0			
			6.5	15.5	11.0			
			4.5	17.0	10.0			
			5.5	18.0	10.0			
			6.5	18.0	12.0			
			8.0	19.0	13.5			
			9.0	20.0	16.0			

表 4

mm

d ₀₂	成品模(毛坯孔径 d ₀₁)						h ₀₂	I ₀₄
	模坯型式							
	C 型		D 型		E 和 F 型			
	d ₁		d ₂		d ₁			
	最小值	最大值	最小值	最大值	最小值	最大值		
25	—	—	10	12	10	12	20	5
30	9	13	11	14	11	14	24	5.5
35	12	16	13	18	13	18	24	5.5
40	15	19	17	21	17	22	24	5.5
45	18	22	20	25	21	26	25	6.0
50	21	25	24	28	24	30	25	6.0
55	24	28	27	32	28	34	27	6.5
60	27	31	30	36	32	38	27	6.5
65	29	34	34	40	36	42	27	6.5
70	32	37	38	44	40	45	30	7.5
75	35	41	42	48	43	50	30	7.5
80	39	45	46	52	48	55	30	7.5
85	43	49	50	56	53	58	33	8.0
90	47	53	54	60	56	62	33	8.0
95	—	—	58	64	60	67	33	8.0
100	51	61	62	68	65	70	35	8.5
105			65	72	68	75	35	8.5
110					73	78	38	8.5
120					74	88	38	9.0
130					84	97	40	9.0
140					93	106	40	9.0
150					102	115	40	9.0

表 5 模坯外径尺寸允许偏差

mm

d_{02}	允许偏差	
	较高级	普通级
$\geq 8 \sim 16$	+0.6 +0.2	+0.8 0
$> 20 \sim 30$	+0.7 +0.2	+0.9 0
$> 30 \sim 150$	$\pm 1\%$	$\pm 1.5\%$

表 6 模坯内径尺寸允许偏差

mm

d_{01}	允许偏差		d_{01}	允许偏差	
	较高级	普通级		较高级	普通级
≤ 0.3	0 -0.075	0 -0.12	$> 20 \sim 25$	0 -0.45	0 -0.65
$> 0.3 \sim 0.5$	0 -0.1	0 -0.15	$> 25 \sim 32$	0 -0.5	0 -0.75
$> 0.5 \sim 2.0$	0 -0.15	0 -0.20	$> 32 \sim 40$	0 -0.6	0 -0.85
$> 2.0 \sim 4.0$	0 -0.20	0 -0.30	$> 40 \sim 50$	0 -0.75	0 -1.5
$> 4.0 \sim 6.0$	0 -0.25	0 -0.35	$> 50 \sim 63$	0 -0.9	0 -2.0
$> 6.0 \sim 12$	0 -0.30	0 -0.45	$> 63 \sim 80$	0 -1.1	0 -2.0
$> 12 \sim 16$	0 -0.35	0 -0.50	$> 80 \sim 100$	0 -1.3	0 -2.0
$> 16 \sim 20$	0 -0.4	0 -0.55	$> 100 \sim 115$	0 -1.5	0 -2.0

表 7 模坯高度尺寸允许偏差

mm

h_{02}	允许偏差	
	较高级	普通级
$\geq 4 \sim 10$	± 0.2	± 0.35
$\geq 12 \sim 17$	± 0.3	± 0.45

$\geq 20 \sim 27$	± 0.4	± 0.5
$\geq 30 \sim 40$	± 0.5	± 0.6

第七篇 镍基合金粉与碳化铬冶金材料及其制品生产新技术新工艺及质量检验

第一章 镍基合金粉质量检验技术标准

第一节 微米级羰基镍粉

表 1 微米级羰基镍粉的物理性能

牌号	平均粒度, μm	松装密度, g/cm^3
FTN-1	2.0~3.2	0.50~0.74
FTN-2	2.2~3.6	0.75~1.00
FTN-3	2.6~3.6	0.75~0.95
FTN-4	2.2~2.8	0.50~0.65
FTN-5	2.9~3.6	0.75~1.00
FTN-6	4~7	1.80~2.50

表 2 微米级羰基镍粉的的化学成分

牌号	化学成分, %					
	杂质, 不大于					Ni
	Fe	C	O	S	其它杂质总量	
FTN—1	0.03	0.15	0.25	0.005	0.05	余量
FTN—2	0.03	0.15	0.25	0.005	0.05	余量
FTN—3	0.01	0.20	0.15	0.001	0.01	余量
FTN—4	0.01	0.15	0.15	0.001	0.01	余量
FTN—5	0.01	0.15	0.15	0.001	0.01	余量
FTN—6	0.01	0.10	0.15	0.001	0.01	余量

第二节 超细羰基镍粉

表 1

牌号	平均粒度	比表面	松装密度
FNHT— I	1000 \pm 50	6.5~8.5	0.2~0.4
FNHT— II	630 \pm 40	16~20	0.15~0.2
FNHT— III	470 \pm 80	27~35	0.16~0.26

表 2

牌号	化学成分						
	杂质, 不大于						Ni
	C	O	Fe	S	P	其它杂质总和	
FNHT— I	0.2	2.5	0.01	0.003	0.005	0.01	余量
FNHT— II	0.2	4.0	0.03	0.003	0.005	0.01	余量
FNHT— III	0.2	6.0	0.03	0.003	0.005	0.01	余量

第三节 镍基喷涂合金粉

表 1

牌号和类别	熔融温度, °C	喷涂层硬度, HB	喷涂层特性
FFFN—150A FPTN—150B	≤1400	150~200	加工性能好, 韧性好, 耐腐蚀性好
FPTN—200A FPTN—200B	≤1400	200~250	加工性能好, 硬度适中, 耐腐蚀, 耐磨
FPTN—250A FPTN—250B	≤1400	250~350	适宜用硬质合金刀具车削, 耐磨, 耐腐蚀

表 2

牌号和类别	化学成分, %							
	C	Si	B	Cr	Ni	Al	Fe	O
FFFN—150A	≤0.3	0~1.0	—	14~16	余量	—	7	≤0.1
FPTN—150B	≤0.3	0~1.0	—	14~16	余量	0.1~0.5	≤7	≤0.2
FPTN—200A	0.3~0.5	1.0~2.0	0.5~1.0	13~15	余量	—	≤9	≤0.08
FPTN—200B	0.3~0.5	1.0~2.0	0.5~1.0	13~15	余量	1.0~3.0	≤9	≤0.2
FPTN—250A	0.50~1.0	2.0~3.0	1.0~2.5	13~15	余量	—	≤10	≤0.08
FPTN—250B	0.50~1.0	2.0~3.0	1.0~2.5	13~15	余量	2.0~5.0	≤10	≤0.2

表 3

喷涂条件	基材	试样尺寸, mm	喷涂层厚度, mm	
			加工前	加工后
氧—乙炔火焰喷涂、自然冷却	A3 或 45 号碳素钢	Φ30×20	≥2.5	≥2

第四节 镍包铝复合粉

表 1 镍包铝复合粉化学成分

产品牌号	化学成分, %			
	Al	Ni	杂质	
			Fe+Cu+C+S+O	总量
FF01-01	9.00~11.00	余量	<0.80	<1.00
FF01-02	17.00~20.00	余量	<0.80	<1.00
FF01-03	17.00~20.00	余量	<0.80	<1.00
FF01-04	17.00~20.00	余量	<0.80	<1.00

表 2 镍包铝复合粉物理、化学性能

产品牌号	粒度范围		包覆层完整程度 %	流动时间 s/50g	松装密度 g/cm ³
	目	%			
FF01-01	+140	<0.5	≥95	<30	>3.2

	+160 +320	<10 >95			
FF01-02	+140 +160 +260	<0.5 <5 >93	≥95	<35	>2.9
FF01-03	+200 +320	<2 >93	≥90	<37	>2.6
FF01-04	+140 +160 +320	<0.5 <10 >95	≥90	<37	>2.7

第五节 镍包铬复合粉

表 1 镍包铬复合粉化学成分

产品牌号	化学成分, %			
	Cr	Ni	杂质	
			Fe+Cu+C+S+O	总量
FF05-01	18.0~22.0	余量	<1.0	<1.5
FF05-02	18.0~22.0	余量	<1.0	<1.5
FF05-03	58.0~62.0	余量	<1.0	<1.5

表 2 镍包铬复合粉物理、工艺性能

产品牌号	粒度范围		包覆层完整程度%	流动时间 s/50g	松装密度 g/cm ³
	目	%			
FF05-01	-140~+320	>90	>95	<40	>3.0
FF05-02	-180~+400	>90	>90	<45	>2.9
FF05-03	-140~+320	>90	>80	<50	>2.4

第六节 镍包铜复合粉

表 1 镍包铜复合粉化学成分

产品牌号	化学成分, %			
	Cu	Ni	杂质	
			Fe+Cu+C+S+O	总量
FF04-01	30.0~33.0	余量	<1.0	<1.5
FF04-02	30.0~33.0	余量	<1.0	<1.5
FF04-03	68.0~72.0	余量	<1.0	<1.5

产品牌号	粒度范围		包覆层完整程度%	流动时间 s/50g	松装密度 g/cm ³
	目	%			
FF04-01	-140~+320	>95	>85	<30	>3.0
FF04-02	-180~+400	>90	>85	<32	>2.8
FF04-03	-140~+320 -320	>90 <5	>70	<40	>2.0

第七节 镍铝合金粉

表 1 镍铝合金粉的化学成分

牌号	化学成分 %				
	Ni	Fe	Cr	Al	杂质 S
FNL11 FNL12 FNL13	40.0~50.0	—	—	余量	<0.005
FNL21	48.0~50.0	0.3~0.6	1.0~1.25		

表 2 FNL11、FNL12、FNL13 镍铝合金粉的粒度分布

牌号		FNL11			FNL12			FNL13		
粒度范围	目	+40	-40+60	-60	+60	-60+80	-80	+80	-80+120	-120
		%(重量)	<5	≥80	余量	<7	≥75	余量	<10	≥65

表 3 FNL21 镍铝合金粉的粒度分布

粒度范围, μm	>50	50~40	40~30	30~20	20~10	<10
% (重量)	<10	4~20	10~25	~10~25	20~40	<25

第二章 镍基合金粉化学分析方法

第一节 中和滴定法测定硼量

表 1 %

硼量	允许差
1.00~2.00	0.10
>2.00~4.00	0.15
>4.00~6.00	0.20

第二节 铬天青 S 分光光度法测定铝量

表 1 %

铝含量	允许差
0.050~0.100	0.015
>0.10~0.50	0.03
>0.50~1.00	0.05

第三节 高氯酸脱水重量法测定硅量

表 1 %

硅量	允许差
0.10~0.500	0.04
>0.50~1.00	0.07
>1.00~3.00	0.10
>3.00~6.00	0.12

第四节 过硫酸铵氧化滴定法测定铬量

表 1

%

含 铬 量	允 许 差
2.00~5.00	0.08
>5.00~10.00	0.14
>10.00~15.00	0.20
>15.00~20.00	0.25
>20.00~30.00	0.30

第五节 高碘酸钠(钾)氧化分光光度法测定锰量

表 1

%

锰 量	允 许 差
0.010~0.050	0.004
>0.050~0.100	0.008
>0.10~0.50	0.02
>0.50~1.00	0.04
>1.00~2.00	0.05

第六节 三氯化钛—重铬酸钾滴定法测定铁量

表 1

%

含 铁 量	允 许 差
1.00~3.00	0.10
>3.00~6.00	0.14
>6.00~10.00	0.18
>10.00~15.00	0.22
>15.00~20.00	0.26

第七节 亚硝基 R 盐分光光度法测定钴量

表 1

%

钴 量	允 许 差
0.10~0.50	0.03
>0.50~1.00	0.05
>1.00~3.00	0.07

第八节 新亚铜灵—三氯甲烷萃取分光光度法测定铜量

表 1

铜 量, %	试 样 量, g
0.01~0.10	0.5000
>0.10~1.00	0.2500

表 2

锰 量	允 许 差
0.010~0.050	0.005

>0.050~0.100	0.01
>0.10~0.50	0.02
>0.50~1.00	0.04

第九节 硫代硫酸钠—碘量法测定铜量

表 1

含 钢 量, %	试 样 量, g
1.00~3.00	1.0000
3.00~5.00	0.5000

表 2

%

铜 含 量	允 许 差
1.00~3.00	0.05
>3.00~5.00	0.08

第十节 硫氰酸钾盐分光光度法测定钼量

表 1

%

钼 量	允 许 差
0.50~1.00	0.05
>1.00~3.00	0.08
>3.00~5.00	0.10

第十一节 辛可宁重量法测定钨量

表 1

%

钨 量	允 许 差
1.00~3.00	0.10
>3.00~6.00	0.14
>6.00~10.00	0.20
>10.00~15.00	0.28

第十二节 正丁醇—三氯甲烷萃取分光光度法测定磷量

表 1

%

磷 含 量	允 许 差
<0.0010~0.0050	0.001
>0.005~0.010	0.002
>0.010~0.030	0.003
0.030~0.050	0.004

第十三节 脉冲加热惰性气熔融库伦滴定法测定氧量

表 1

%

含 氧 量	允 许 差
0.01~0.050	0.004
>0.05~0.100	0.006

>0.100~0.200	0.009
--------------	-------

第三章 碳化铬化学分析方法

第二节 总碳量的测定

表 1 %

碳含量	允许差
5.00~20.00	0.19
>20.00~30.00	0.24

第三节 铁量的测定

表 1 %

碳含量	允许差
0.15~0.50	0.03
>0.50~1.00	0.05

第四节 硅量的测定

表 1 %

硅含量	允许差
0.0050~0.015	0.0020
>0.015~0.050	0.005
>0.050~0.10	0.010

第八篇 核级碳化硼粉末与二硼化钛粉末冶金材料及其制品生产新技术新工艺及质量检验

第一章 核级碳化硼粉末化学分析方法

第一节 核级碳化硼粉技术条件

表 1

项目	含量, %(重量)		
	FB ₄ CH—1	FB ₄ CH—2	FB ₄ CH—3
总硼	76.6~81.0	73.0~81.0	70.0~77.0
游离硼	≤0.7	≤1.3	不测定
游离碳	≤0.7	≤1.0	不测定
氟	≤25μ g/g	≤25μ g/g	不测定
氯	≤75μ g/g	≤75μ g/g	不测定
钙	≤0.3	≤0.3	不测定
铁	≤1.0	≤1.0	≤2.0
总硼加总碳	≥98.0	≥96	≥94.0

第二节 核级碳化硼芯块技术条件

表 1

项目	含量, %(重量)
总硼	73.0~91.0
游离硼	≤0.5
游离碳	≤0.7
氟	≤25μ g/g

氯	$\leq 75\mu\text{ g/g}$
钙	≤ 0.3
总硼加总碳	≥ 98.0
水	$\leq 750\mu\text{ g/g}$

第三节 总碳量的测定

表 1 %

碳含量	允许差
5.00~20.00	0.19
>20.00~30.00	0.24

第四节 游离硼量的测定

表 1

游离硼量, %	试样量, g
0.1~1.0	1.0000
>1.0~3.0	0.5000

表 2 %

硼量	允许差
0.1~1.0	0.08
>1.00~3.00	0.15

第五节 铁量的测定

表 1

铁含量, %	移取溶液体积, ml
≤ 0.5	20.0
>0.5~1.50	10.0
>1.50~3.00	5.0

表 2 %

铁含量	允许差
≤ 0.5	0.03
>0.5~1.50	0.08
>1.50~3.00	0.12

第六节 氧量的测量

表 1

含氧量, %	试样量, g
≤ 0.10	1.000
>0.10~1.00	0.1000
>1.00~2.00	0.05000
>2.00~3.00	0.03000

>3.00~5.00	0.02000
------------	---------

表 2 %

含氧量	允许差
≤0.5	0.02
>0.50~2.00	0.05
>2.00~5.00	0.12

第二章 二硼化钛粉末化学分析方法

第三节 铁量的测定

表 1

铁含量, %	试样量, g	焦硫酸钾 (3.1), g
0.05~0.10	0.5000	8
>0.10~0.20	0.3000	7
>0.20~0.50	0.1000	6

表 2

铁含量	允许差
0.050~0.10	0.013
>0.10~0.20	0.02
>0.20~0.50	0.03

第四节 碳量的测定

表 1 %

碳含量	允许差
0.0010~0.0090	0.0007
>0.009~0.035	0.002
>0.035~0.150	0.003
>0.15~0.95	0.01
>0.95~4.00	0.02

附录 A

LECO CS—444 高频感应红外吸收碳硫分析仪器工作条件

载气 氧气 (%)	输入氧气压力 MPa	系统气体压力 MPa	动力气流量 L/min	氧气流量 L/min	分析时间 s
99.5	0.35~0.40	0.35~0.40	1	300	40

第五节 氧量的测定

表 1

含氧量, %	试样量, g
≤0.10	1.000
>0.10~1.00	0.1000

>1.00~2.00	0.05000
>2.00~3.00	0.03000
>3.00~5.00	0.02000

表 2 %

含氧量	允许差
≤0.50	0.02
>0.50~2.00	0.05
>2.00~5.00	0.12

第九篇 其它金属粉末材料及其制品生产新技术新工艺及质量检验

第一章 钨粉末质量检验技术标准

第一节 仲钨酸铵

表 1

牌号		APT—0	APT—1	APT—2
化学成分, %	WO ₃ 含量不小于	88.5	88.5	88.5
	杂质含量(以 WO ₃ 为基准)不大于			
	Al	0.0005	0.001	0.001
	As	0.001	0.001	0.002
	Bi	0.0001	0.0001	0.0002
	Ca	0.001	0.001	0.002
	Co	0.001	0.001	0.001
	Cr	0.001	0.001	0.001
	Cu	0.0003	0.0005	0.001
	Fe	0.001	0.001	0.002
	K	0.001	0.0015	0.002
	Mn	0.001	0.001	0.001
	Mg	0.0007	0.001	0.002
	Mo	0.002	0.005	0.01
	Na	0.001	0.0015	0.002
	Ni	0.0007	0.001	0.001
	P	0.0007	0.001	0.002
	Pb	0.0001	0.0001	0.0002
	S	0.0007	0.001	0.001
	Sb	0.0008	0.001	0.002
Si	0.001	0.001	0.003	
Sn	0.0001	0.0003	0.0005	
Ti	0.001	0.001	0.001	
V	0.001	0.001	0.001	

表 2

一批粉末的装粉容器数	应取份样的容器数
1~5	全部
6~11	5
12~20	6

21~35	7
36~60	8

第二节 氧化钨

表 1

类别名称	简称	分子式	品级	牌号
三氧化钨	黄钨	WO ₃	特级	WO ₃ -0
			一级	WO ₃ -1
			二级	WO ₃ -2
蓝色氧化钨	蓝钨	W ₂₀ O ₅₈	特级	WO _x -0
			一级	WO _x -1
			二级	WO _x -2

注：蓝钨是指以 W₂₀O₅₈ 为主的混合氧化钨。

表 2

牌号		WO ₃ -0 WO _x -0	WO ₃ -1 WO _x -1	WO ₃ -2 WO _x -2
杂质含量不大于	Al	0.0005	0.001	0.001
	As	0.001	0.001	0.003
	Bi	0.0001	0.0001	0.0005
	Ca	0.001	0.001	0.003
	Co	0.001	0.001	0.002
	Cr	0.001	0.001	0.001
	Cu	0.0003	0.0005	0.001
	Fe	0.001	0.001	0.003
	K	0.001	0.0015	0.002
	Mg	0.0007	0.001	0.002
	Mn	0.001	0.001	0.001
	Mo	0.002	0.005	0.02
	Na	0.001	0.0015	0.003
	Ni	0.0007	0.0007	0.001
	P	0.0007	0.001	0.002
	Pb	0.0001	0.0001	0.0005
	S	0.0007	0.001	0.001
	Sb	0.0005	0.001	0.002
	Si	0.001	0.001	0.003
	Sn	0.0002	0.0005	0.001
Ti	0.001	0.001	0.002	
V	0.001	0.0001	0.002	
	WO ₃ 煅烧损伤	0.5	0.5	0.5

第三节 钨粉技术条件

表 1

产品牌号	FW-1	FW-2	FW-3
------	------	------	------

杂质含量%不大于	Pb Bi Sn Sb As Fe Ni Cu Al Si Ca Mg Mo P Co			
用途举例		大型板坯、钨铼 点偶原料	触头合金、高比 重屏蔽原料	等离子喷镀材料

第四节 碳化钨粉

表 1 碳化钨粉的化学成分

产品 牌号	化学成分, %													
	主 含 量 WC	碳含量			杂质含量, 不大于									
		总 碳	化 合 碳	游 离 碳	Fe	Si	Mg	Al	K	Na	Ca	S	Mo	
FWC A	≥ 99.8	6.1 3± 0.0 5	≥ 6.0 7	≤ 0.0 6	0.0 2	0.00 3	0.00 2	0.00 2	0.001 5	0.001 5	0.00 2	0.00 2	0.0 1	
FWC B	≥ 99.7 6	13 ± 0.0 5	≥ 6.0 7	≤ 0.0 6	0.0 3	0.00 5	0.00 5	0.00 2	0.003	0.003	0.00 5	0.00 3	0.0 3	

表 2 碳化钨粉的费氏平均粒度范围及氧含量

产品规格	平均粒度范围 F · S5S	氧含量 % 不大于
FWCA 08—10 FWCB 08—10	≥0.80~1.00	0.18
FWCA 10—14 FWCB 10—14	>1.00~1.40	0.15
FWCA 14—18 FWCB 14—18	1.40~1.80	0.15
FWCA 18—24	1.80~2.40	0.12

	g/cm ³	不大于	不小于	μ m(+60 目)	μ m(+80 目)	μ m(+100 目)	m(+200 目)	m(- 325 目)
FHY 80 • 23	2.20~ 2.45	38	6.40	0	43	余量		5~25
FHY 80 • 25	2.45~ 2.70	35	6.45	0	≤43	余量		5~25
FHY100 • 25	2.40~ 2.60	35	6.60	—	0	≤5	余量	5~30
FHY100 • 27	2.60~ 2.80	30	6.70	—	0	≤5	余量	5~30
FHY200	2.00~ 2.80	—	—	—	—	—	≤5	≥32

第二节 电焊条用还原铁粉

表 1 %

牌号	级别	总铁不 小于	Mn	Si	C	S	P	氢损
			不 大 于					
FHT 40 • 30	I	98.0	0.4	0.15	0.05	0.020	3.030	0.50
	II	97.0	0.4	0.20	0.10	0.025	0.025	1.00
FHT 40 • 37		98.0	0.4	0.15	0.05	0.020	0.020	0.50
FHT 100 • 25		98.0	0.4	0.15	0.05	0.020	0.020	0.50

表 2

牌号	级别	松 装 密 度 g/c m ³	流 动 性 s/5 0g 不 大 于	粒度分布, 目, %									
				+	-40	-60	-80	-	-	-	-	-	-
FHT4 0 • 30	I	3.0 0 ± 0. 10	32	1	5~ 20	余量			25	—	—	—	—
	II	3.0 0 ± 0.	32	1	5~ 20	余量			25	—	—	—	—

		10											
FHT 40·37		3.7 ± 0. 10	30	1	5~ 30	余量			20	—	—	—	—
FHT 100· 25		2.5 0 ± 0. 10	36	—	—	—	≤5	10~ 35	—	余量			≤ 20

表 3

同批铁粉包装 容器数量	同批铁粉应取样 的容器数量	同批铁粉包装 容器数量	同批铁粉应取样 的容器数量
1~5	全部	61~99	9
6~11	5	100~149	10
12~20	6	150~199	11
21~35	7	200~299	12
36~60	8	300~399	13

第三节 电解铜粉

表 1 产品化学成分

产品 牌号	化 学 成 分, %										
	Cu 不小 于	杂 质 含 量 不 大 于									
		Fe	Pb	As	Sb	O	Bi	Ni	Sn	Zn	S
TD1、 FTD2	99.8	0.02	0.05	0.005	0.01	0.15	0.002	0.003	0.004	0.004	0.004
FID3	99.7	0.01	0.05	0.005	0.01	0.20	—	—	—	—	0.004
FTD4	99.6	0.02	0.05	0.005	0.01	0.25	—	—	—	—	0.004
产品 牌号	化 学 成 分, %										
	杂 质 含 量 不 大 于										
	氯化物(Cl ⁻)		水分(H ₂ O)			硝酸处理后灼烧残渣			杂质总和		
TD1、 FTD2	0.004		0.05			0.05			0.2		
FID3	—		0.05			0.05			0.3		
FTD4	—		0.05			0.05			0.4		

表 2

产品牌号	粉末粒度
------	------

	粒度分布	百分率, %
FTD1	通过 200 目	≥90
	其中通过 300 目	≥60
FTD2	通过 300 目	≥95
FTD3	通过 200 目	≥95
FTD4	通过 80~200 目	70~80
	通过 200 目	30~20

表 3

产 品 牌 号	粉末松装密度, g/cm ³
FTD1	1.5~2.3
FTD2	1.2~1.7
FTD3	1.5~1.9
FTD4	1.8~2.5

附录 A 电解铜粉化学分析方法—高频熔融-库伦法测定氧量
实验室之间分析结果的差值应不大于下表所允许值

氧 含 量	允 许 差
0.03~0.08	0.008
>0.08~0.15	0.015
>0.15~0.25	0.025
>0.25~0.40	0.04

附录 B 电解铜粉化学分析方法—吸湿水含量的测定

表 B1 不同含水量试样的称取重量及采用滴定溶液的浓度值

预计试样中含水量 %	称量试样重量 g	滴定溶液的浓度 g/ml
0.01~0.10	5	约 0.00025
0.10~0.5	2~3	约 0.0005
0.5~1.0	1~2	0.0005~0.001

表 B2

%

吸湿水含量范围	允许偏差
0.01~0.03	0.005
0.03~0.01	0.01
0.01~0.30	0.03
0.30~0.60	0.06
0.60~1.0	0.07

第四节 雾化 6-6-3 锡青铜粉

表 1 6-6-3 粉的化学成分

铜	锡	锌	铅	铁	氧	其它
83~87	5~7	5~7	2~4	<0.4	<0.4	<0.8

表2 物理工艺性能

项目 牌号	松装密度 g/cm ³	粒度组成, %		压缩性 g/cm ³	流动性 s/50g
		>180μ m (+80 目)	<71μ m (-200 目)		
FCuSn6Zn6Pb3.24	2.4~2.7	<1.5	30~60	>6.9	<40
FCuSn6Zn6Pb3.27	2.7~3.0		40~70	>7.0	<38
FCuSn6Zn6Pb3.30	3.0~3.3		50~75	>7.1	<36

附录 A 雾化 6-6-3 锡青铜粉铁含量的测定方法

表 A1

铁量 %	试样量 g	盐酸 ml	分取体积 ml
0.005	2.0000	24	25.00
>0.020~0.100	1.0000	12	10.00
>0.100~0.400	0.2500	3	10.00

表 A2

%

铁量	允许差
0.005~0.020	0.002
>0.020~0.050	0.004
>0.050~0.100	0.007
>0.100~0.400	0.020

第五节 锡青铜球形粉末

表 1

%

牌 号	QFQSn11	QFQSn8-3
铜	88.0~90.00	87.50~90.00
锡	10.00~11.50	7.30~8.70
锌	—	2.30~3.70
磷	0.20~0.40	0.05~0.30
总杂质	≤0.55(其中氧≤0.08)	≤0.70(其中氧≤0.07)

表 2 通用粉末规格

规格, mm		粒 度 组 成, %					松装密度 g/cm ³
第一系列	第二系列						
0.045		<	<	>	>	>	≥

~ 0.063			0.045mm	0.053mm	0.053mm	0.063mm	0.090mm	4.
			≤20	≥30	≥30	≤22	≤1	95
	0.053~ 0.075		<	<	>	>	>	≥
			0.053mm	0.063mm	0.063mm	0.075mm	1.00mm	4.
			≤18	≥30	≥30	≤20	≤1	95
0.063 ~ 0.090		<	<	<	>	>	>	≥
		0.045mm	0.063mm	0.075mm	0.075mm	0.090mm	0.125mm	5.
		≤1	≤16	≥30	≥30	≤20	≤1	00
	0.075~ 0.106	<	<	<	>	>	>	≥
		0.053mm	0.075mm	0.090mm	0.090mm	0.106mm	0.140mm	5.
		≤1	≤16	≥30	≥30	≤20	≤1	00
0.090 ~ 0.125		<	<	<	>	>	>	≥
		0.063mm	0.090mm	0.106mm	0.106mm	0.125mm	0.160mm	5.
		≤1	≤15	≥30	≥30	≤18	≤1	00
	0.106~ 0.150	<	<	<	>	>	>	≥
		0.080mm	0.106mm	0.125mm	0.125mm	0.150mm	0.200mm	5.
		≤1	≤14	≥30	≥30	≤16	≤1	00
0.125 ~ 0.180		<	<	<	>	>	>	≥
		0.100mm	0.125mm	0.150mm	0.150mm	0.180mm	0.224mm	5.
		≤1	≤13	≥30	≥30	≤14	≤1	00
	0.150~ 0.212	<	<	<	>	>	>	≥
		0.112mm	0.150mm	0.180mm	0.180mm	0.212mm	0.280mm	5.
		≤1	≤13	≥30	v	≤14	≤1	00
0.180 ~ 0.250		<	<	<	>	>	>	≥
		0.140mm	0.180mm	0.212mm	0.212mm	0.250mm	0.300mm	5.
		≤1	≤14	≥30	≥30	≤12	≤1	00
	0.212~ 0.300	<	<	<	>	>	>	≥
		0.160mm	0.212mm	0.250mm	0.250mm	0.300mm	0.355mm	5.
		≤1	≤14	≥30	≥30	≤12	≤1	00
0.250 ~ 0.355		<	<	<	>	>	>	≥
		0.200mm	0.250mm	0.300mm	0.300mm	0.355mm	0.425mm	5.
		≤1	≤14	≥30	≥30	≤10	≤1	00
	0.300~ 0.425	<	<	<	>	>	>	≥
		0.250mm	0.300mm	0.355mm	0.355mm	0.425mm	0.500mm	5.
		≤1	≤16	≥30	≥30	≤10	≤1	00
0.355 ~ 0.500		<	<	<	>	>	>	≥
		0.300mm	0.355mm	0.425mm	0.425mm	0.500mm	0.600mm	4.
		≤1	≤16	≥30	v	≤8	≤1	95
	0.425~ 0.600	<	<	<	>	>	>	≥
		0.355mm	0.425mm	0.500mm	0.500mm	0.600mm	0.710mm	4.
		≤1	≤20	≥30	≥30	≤8	≤1	95
0.500 ~		<	<	<	>	>	>	≥
		0.425mm	0.500mm	0.600mm	0.600mm	0.710mm	0.850mm	4.

0.710		≤1	≤20	≥30	≥30	≤6	≤1	90
0.600~ 0.850		<	<	<	>	>	>	≥
		0.500mm	0.600mm	0.710mm	0.710mm	0.850mm	0.100mm	4.
		≤1	≤20	≥30	≥30	≤6	≤1	90
0.710 ~ 1.00		<	<	<	>	>	>	≥
		0.600mm	0.710mm	0.850mm	0.850mm	0.100mm	1.18mm	4.
		≤1	≤20	≥30	≥30	≤2	≤1	85
0.850~ 1.18		<	<	<	>	>	>	≥
		0.710mm	0.850mm	1.00mm	1.00mm	1.18mm	1.40mm	4.
		≤1	≤20	≥30	≥30	≤2	≤1	85

表 3 特殊用途粉末规格

规格 mm	粒度组成, %				松装密 度 g/cm ³
	>2.00 mm	0.100~0.200 mm	0.0630~0.100 mm	0.0450~0.063 mm	
<0.200	≤6	35~65	15~35		≥5.10
<0.100		≤8	30~60	20~40	≥4.90
<0.063			≤10	20~50	≥4.80
<0.045				≤12	≥4.80

第六节 雾化 CuSn10 青铜粉

表 1 FWCuSn10 粉的化学成分

%

Cu	Sn	Cu+ Sn	O2	P	其他
89~91	9~11	>99.5	<0.3	<0.1	<1.0

表 2 CuSn10 粉的物理工艺性能

规格	松装密 度 g/cm ³	流动性 s/50g	压缩性 g/cm ³	粒 度 组 成 %					
				>154	154~ 100	100~ 71	71~3	63~5	<45
I	2.9~ 3.2	<35	>7.0						
II	3.2~ 3.8	<30	>7.1	<1	<15	15~25	5~20	15~25	40~50
III	3.8~ 4.4	<25							

第三章 铁基粉末冶金生产新技术新工艺及质量检验

第三节 Fe-Ti 烧结合金

表 9-3-1 ASC 铁粉+10%Cu+石墨烧结坯中不溶解铜的金相分析

石墨添加量/%	不溶解铜(体积分数) /%
0	2.4
0.5	3.9

1	6.2
---	-----

表 9-3-2 Fe-Fe₂Ti 系统实验结果举例

Fe 的颗粒尺寸/ μm	Ti/%	加热速度/ $^{\circ}\text{C} \cdot \text{min}^{-1}$	最高温度/ $^{\circ}\text{C}$	烧结时间/min	相对密度/%
37	3	3	1400	60	63
80	3	3	1400	60	28
80	5	3	1400	60	43
80	7	3	1400	60	63
37	5	20	1400	60	63
37	5	3	1400	60	66
37	5	70	1400	60	68
37	5	150	1400	60	67
37	5	200	1400	60	63
37	7	200	1300	60	26
37	7	200	1350	60	47
37	7	200	1400	60	56
37	7	200	1450	60	57
37	3	200	1400	30	68
37	3	200	1400	60	73
37	3	200	1400	120	78
37	3	200	1400	180	79
37	3	200	1400	240	79

表 9-3-3 以 Fe₂Ti 为添加剂, Fe-Ti 合金的抗拉强度 $\sigma_b(\text{MPa})$ 和伸长率 $\varepsilon(\%)$

铁颗粒尺寸/ μm	钛含量/%	加热速度/ $^{\circ}\text{C} \cdot \text{min}^{-1}$					
		3		20		200	
		σ_b	ε	σ_b	ε	σ_b	ε
37	3	350	23	365	23	377	26
80	3	278	10	300	13	323	14
80	5	303	5	335	5	357	7
80	7	357	1	278	<1	193	<1

表 9-3-4 使用不同钛源, Fe-Ti 合金的力学性能比较

Fe 粉粒度/ μm	Ti 含量/%	Ti 源	Ti 粉粒度/ μm	生坯相对密度/%	烧结				抗拉强度/MPa	伸长率/%
					时间/h	温度/ $^{\circ}\text{C}$	加热速度/ $^{\circ}\text{C} \cdot \text{min}^{-1}$	气氛		
40	4	Ti	—	80	4	1330	—	真空	450	23
—	3.5	Ti	63	89	1	1330	—	真空	376	13
—	7	Ti	—		4	1330	—	真空	360	2
80	3	Ti	45	86	4	1330	20	Ar	375	19
80	5	Ti	45	86	4	1330	20	Ar	375	5
37	3	Ti	45	86	1	1400	200	Ar	376	19

37	3	FeTi	45	86	1	1400	200	Ar	354	13
37	3	TiH ₂	45	81	1	1350	200	Ar	307	12
37	3	Fe ₂ Ti	38	81	1	1400	200	Ar	377	26
80	3	Fe ₂ Ti	38	81	1	1400	200	Ar	323	14
80	5	Fe ₂ Ti	38	81	1	1400	200	Ar	357	7
80	7	Fe ₂ Ti	38	81	1	1400	200	Ar	193	0

表 9-3-5 Fe-3Ti-4Cu 系某些合金的性能

系统	抗拉强度/MPa	硬度 HRB	伸长率/%	致密化系数/%
Fe-3Ti-4Cu	444	72	2.5	
Fe-3Ti-4Cu-0.1B	444	74	4.6	18
Fe-3Ti-4Cu-2Al-0.1B	470~530	81~84	1.8~3.2	50~60
Fe-3Ti-4Cu-2Al-0.2B	585	86	2.5	65

表 9-3-6 含磷和不含磷烧结铁基材料的性能

材料	伸长率/%	抗拉强度/MPa
含磷烧结铁基材料	7	600
不含磷烧结铁基材料	7	250

表 9-3-7 Fe-Ni 试样的化学成分和烧结温度

试样	最终 C/%	Ni/%	烧结温度/°C
1 ^①	0.05	4.3	1000/1485
2 ^②	0.05	5.0	1000/1485
3 ^③	0.2	0.2	1485
4 ^④	0.2	5.0	1485

① 在真空中通过气相沉积图副镍

② 粉末混合料

第七节 Fe-Sn、Fe-Sn-Cu 系烧结合金

表 9-3-8 试样的化学成分

试样	化学成分/%			添加粉末的种类、成分和含量		
	Fe	Sn	Cu	种类	Sn: Cu	含量/%
Fe-Sn	余量	1.0	—	雾化锡粉	—	1.0
		1.5	—			1.5
		2.0	—			2.0
		2.5	—			2.5
		3.0	—			3.0
Fe-(Sn-Cu)和 Fe-Sn-Cu	余量	1.50	1.00	预合金化 Sn-Cu 粉, 雾化锡粉	6:4	2.5
		3.00	2.00			5.0
		4.50	3.00			7.5
		6.00	4.00			10.0
		1.00	1.50	和电解铜粉	4:6	2.5
		2.00	3.00			5.0
		3.00	4.50			7.5

		4.00	6.00			10.0
		0.75	1.75		3:7	2.5
		1.50	3.50			5.0
		2.25	5.25		3:7	7.5
		3.00	7.00			10.0
		0.55	1.95		2:8	2.5
		1.10	3.90			5.0
		1.65	5.85			7.5
		2.20	7.80			10.0
		0.25	2.25		1:9	2.5
		0.50	4.50			5.0
		0.75	6.75			7.5
		1.00	9.00			10.0
Fe	100	—	—	—	—	—
Fe-Cu	余量	—	4.0	电解铜粉	—	4.0

第八节 高强度低合金钢 (Fe-2Cu-2Ni-0.92Mo-0.8C) 粉末压坯的烧结

表 9-3-9 原料粉末和润滑剂的特性

粉末	Fe	Cu	Ni	Mo	C	润滑剂 (Teflon)
合金组成质量分数/%	95.3	2.0	2.0	0.9	0.8	0~2
比重瓶密度/ $g \cdot cm^{-3}$	7.88	8.80	8.72	10.47	2.37	2.39
松装密度/%PD	37	38	41	18	8	13
振实密度/ $g \cdot cm^{-3}$	3.8	3.8	4.4	3.2	0.28	0.39
振实密度/%PD	48	43	50	31	12	16
表面积/ $m^2 \cdot g^{-1}$	0.09	0.12	0.20	0.27	9.53	9.3
流动性/ $s \cdot (50g)^{-1}$	25	NFF	NFF	NFF	NFF	NFF
颗粒尺寸分布/ μm						
D10	92	9	4	4	0.6	7
D50	159	14	7	12	1.3	14
D90	255	22	19	33	3.4	24
杂质浓度						
O/%	0.07	0.22	0.676	$<250 \times 10^{-6}$	约 1	NA
C/%	<0.01	NA	0.10	$<10 \times 10^{-6}$	>95.6	NA

注：NFF—不能自由流动；NA(not available) —未测；PD—比重瓶密度

表 9-3-10 用预合金化 Mo-Fe 粉代替钼粉的烧结

Fe-2Cu-2Ni-0.9Mo-0.8C 钢的性能

性能	使用钼粉	使用预合金化 Mo-Fe 粉	提高
生坯密度	7.11 ± 0.02	7.08 ± 0.02	- 0.4
烧结密度	7.27 ± 0.02	7.37 ± 0.02	+1.5
硬度	99 ± 1.2	103.7 ± 1.2	+4.3
抗拉强度	830 ± 16	941 ± 16	+13.4
冲击功	26 ± 3.7	25.8 ± 3.7	- 0.8

尺寸变化	0.26±0.03	-0.30±0.03	—
------	-----------	------------	---

注: 预热温度 300℃、400℃和 500℃, 烧结温度 1300℃, 烧结时间 50min, 0.25% 润滑剂 (Teflon)

表 9-3-11 类似成分烧结钢热处理后的性能

合金成分/%	烧结密度/g·cm ⁻³	硬度 HRC	冲击功/J	抗拉强度/MPa
Fe-2Cu-0.9Mo-0.8C	7.3	29	29	1210
Fe-2Ni-0.6Mo-0.6C	7.2	39	9	1070
Fe-2Ni-0.85Mo-0.8C	7.24	48	17	980
Fe-2Ni-1Mo-0.6C	NR	NR	21	1500
Fe-1.5Mo-0.7C	7.15	40	11	NR

第九节 以碳化物基母合金为添加剂的烧结低合金钢

表 9-3-12 产生于某些合金中的液相

系统	反应组成	熔化温度/℃
Fe-Cr-C	L+Cr ₇ C ₃ =γ +Fe ₃ C(包晶反应)	1184
Fe-Mo-C	Fe ₃ C+γ +Mo ₂ C+L	约 1080
Fe-Mo-C	Fe ₃ C+C+Mo ₂ C+L	约 1120
Fe-Mo-C	γ + Mo ₂ C+η +L(η =Fe ₃ Mo ₃ C)	约 1150
Fe-Mn-C	α +γ +η +L(η =Fe ₃ Mo ₃ C)	约 1210
Fe-Mn-C	L+γ +(FeMn) ₃ C(20%Mn+4.2%C)	1080
Fe-CrMo-C	5%~6%Mo(原子分数)+Cr	1160
	8%Mo(原子分数)+Cr	1120
	20%Mo(原子分数)+Cr	1160

第十二节 添加 Cu-Mn-Si 合金粉的烧结铁基合金

表 9-3-13 元素铁粉与预浸 Fe-Cu 粉末的特性

粉末特性		元素 Fe 粉末 ^①	预浸 Fe-Cu 粉末 ^②
化学分析/%	Cu	0	11.86
	C	0.01	0.02
	S	0.01	0.012
	P	0.005	0.01
	Mn	0.2	0
	Si	0.02	0
	Fe	余	余
	氢损	0.12	0.67
筛分析/mm(目)		%	%
<0.175~0.147	(-80~+100)	2.0	6.3
<0.147~0.104	(-100~+150)	14.0	19.2
<0.104~0.074	(-150~+200)	22.0	23.8
<0.074~0.061	(-200~+250)	10.0	11.4
<0.061~0.043	(-250~+325)	22.0	11.1
<0.043	(-325)	30.0	28.2
松装密度/g·cm ³		2.95	2.91
流动性/s·(50g) ⁻¹		25	24.5

① 雾化 EMP, 300M A.O.Smith.; ② Prefiltron 12, Pfizer Inc

第十三节 用于铁基粉末液相烧结的钼铁合金

表 9-3-14 预混合的 10 种合金粉末混合料和烧结气氛

粉末混合料			烧结气氛
钼	铁 ^①	添加的总碳量/%	
碳化的	57%Mo-1%C	1%	H ₂ -甲烷
	57%Mo-4%C	1%	H ₂ -甲烷
	57%Mo-5%C	1%	H ₂ -甲烷
	57%Mo-5%C	1%	H ₂ ^②
未碳化的	57%Mo	0.9%	H ₂
	57%Mo	0.7%	H ₂
	57%Mo	0.5%	H ₂
	20%Mo	0.9%	H ₂
	20%Mo	0.7%	H ₂
	20%Mo	0.5%	H ₂

① 添加钼铁是为了使每种压坯含有 1%Mo

② 氢气的露点大约是一34℃。

第十四节 粉末冶金铁基结构零件牌号、成分、性能和应用

表 9-3-15 中国粉末冶金铁基结构零件材料的化学成分和物理-力学性能

材料	牌号	化学成分/%					物理-力学性能				
		C _化 合	Cu	Mo	Fe	其他	密度 D/g· cm ⁻³	抗拉强 度σ /MPa	伸长 率δ /%	冲击韧 度(无 切口) σ _k /J·cm ⁻²	表观硬 度 HB
烧结 铁	F0001J	≤	—	—	余量	≤	≥6.4	≥100	≥3.0	≥5.0	≥40
	F0002J	0.1	—	—	余量	≤	≥6.8	≥150	≥5.0	≥10.0	≥50
	F0003J	0.1	—	—	余量	≤	≥7.2	≥200	≥7.0	≥20.0	≥60
烧结 碳钢	F0101J	0.1	—	—	余量	≤	≥6.2	≥100	≥1.5	≥5.0	≥50
	F0102J	~	—	—	余量	≤	≥6.4	≥150	≥2.0	≥10.0	≥60
	F0103JP	0.4	—	—	余量	≤	≥6.8	≥200	≥3.0	≥15.0	≥70
	F0111J	0.4	—	—	余量	≤	≥6.2	≥150	≥1.0	≥5.0	≥60
	F0112J	~	—	—	余量	≤	≥6.4	≥200	≥1.5	≥5.0	≥70
	F0113J	0.7	—	—	余量	≤	≥6.8	≥250	≥2.0	≥10.0	≥80
	F0121J	0.7	—	—	余量	≤	≥6.2	≥200	≥0.5	≥3.0	≥70
F0122J	~	—	—	余量	≤	≥6.4	≥250	≥0.5	≥5.0	≥80	
F0123J	1.0	—	—	余量	≤	≥6.8	≥300	≥1.0	≥5.0	≥90	
烧结 铜	F0201J	0.5	2~	—	余量	≤	≥6.2	≥250	≥0.5	≥3.0	≥90
	F0202J	~	4	—	余量	≤	≥6.4	≥350	≥0.5	≥5.0	≥100
	F0203J	0.8	4	—	余量	≤	≥6.8	≥500	≥0.5	≥5.0	≥110

钢											
烧结铜钼钢	F0211J F0112J	0.4 ~ 0.7	2~ 4	0.5 ~ 1.0	余量	≤ 1.5	≥6.2 ≥6.4	≥400 ≥550	≥0.5 ≥0.5	≥5.0 ≥5.0	≥120 ≥130

表 9-3-16 中国粉末冶金铁基结构零件材料的参考性能

牌号	屈服强度 $\sigma_{0.2}$ /MPa	规定比例极限 $\sigma_{0.01}$ /MPa	正弹性模量 E /GPa	剩余变形为 0.1%的压缩强 度 σ_{bc} /MPa
F0001J	≥70	≥50	≥78	≥80
F0002J	≥100	≥80	≥88	≥100
F0003J	≥135	≥100	≥98	≥120
F0101J	≥70	≥50	≥78	≥100
F0102J	≥100	≥80	≥83	≥120
F0103JP	≥135	≥100	≥88	≥145
F0111J	≥100	≥80	≥83	≥120
F0112J	≥135	≥100	≥88	≥145
F0113J	≥180	≥135	≥98	≥190
F0121J	≥135	≥100	≥88	≥145
F0122J	≥180	≥135	≥93	≥190
F0123J	≥220	≥180	≥103	≥245
F0201J	≥190	≥135	≥93	≥190
F0202J	≥245	≥180	≥107	≥295
F0203J	≥345	≥245	≥122	≥390
F0211J	≥295	≥190	≥112	≥345
F0112J	≥390	≥295	≥127	≥440

表 9-3-17 中国热处理粉末冶金铁基结构材料的牌号、化学成分和力学性能

类别	钢种	牌号与标记	密度 (不低于) /g ·c m ⁻³	化学成分/%					力学性能		
				Fe	C 化合	C u	M o	其他	抗拉 强度 (不小 于) σ_b /MPa	冲击 韧度 (不小 于) σ_k /J ·c m ⁻²	硬度 (不小 于)H RA
第 2	烧 结	FTG30-15(40R)	6.5	余量	>0.1~0.4	—	—	≤2.0	(400)	(3)	50
		FTG30-20(45R)	6.8	余量	>0.1~0.4	—	—	≤2.0	450	3	55

类	低碳钢			余量							
第3类	烧结中碳钢	FTG60-20(45R) FTG60-25(50R)	6.5	余量	>0.4~0.7	—	—	≤2.0	450	3	45
			6.8	余量	>0.4~0.7	—	—	≤2.0	500	5	50
第4类	烧结高碳钢	FTG90-25(50R) FTG90-30(55R)	6.5	余量	>0.7~1.0	—	—	≤2.0	500	3	50
			6.8	余量	>0.7~1.0	—	—	≤2.0	550	5	55
第5类	烧结铜钢	FTG70Cu3-35(55R) FTG70Cu3-50(65R)	6.5	余量	>0.5~0.8	2~4	—	≤2.0	550	3	55
			6.8	余量	>0.5~0.8	2~4	—	≤2.0	650	5	60
第6类	烧结铜钼钢	FTG60Cu3Mo-40(55R) FTG60Cu3Mo-55(70R)	6.5	余量	>0.4~0.7	2~4	0.5~1.1	≤2.0	550	3	55
			6.8	余量	>0.4~0.7	2~4	0.5~1.1	≤2.0	700	5	65

表 9-3-18 铁基结构零件材料-铁、碳钢、低碳铜钢、铜钢

材料	牌号	标准值				参考近似值					
		化学成分/%				物理-力学性能					
		C _{化合}	Cu	Fe	其他元素	抗拉强度 R _m ≥ /MPa	表观硬度		密度 ρ /g·c m ⁻³	屈服强度	伸长率 A/%
						HV _s ≥	洛氏 ≥				

					总和 ≤					Rp _{0.2} /MPa		HV ₅
铁	P1022-	<0.3	—	余量	2	70	30	未测定	5.8	40	1	—
	P1023-					100	40	30HRF	6.2	60	2	—
	P1024-					140	50	45HRF	6.6	80	3	—
	P1025-					180	65	62HRF	7.0	100	4	400
	P1026-					220	80	45HRB	7.3	120	6	450
碳钢	P1033-	0.3~ 0.6	—	余量	2	140	55	52HRF	6.2	90	未测定	—
	P1034-					190	75	68HRF	6.6	120	1	—
	P1035-					240	90	48HRB	7.0	130	2	400
	P1042-	0.6~ 0.9	—	余量	2	150	55	52HRF	5.8	120	未测定	—
P1043-	200					80	45HRB	6.2	160	未测定	—	
P1044-	250					100	50HRB	6.6	210	1	—	
P104-	300					120	62HRB	7.0	250	1	400	
低碳 铜钢	P2022-	<0.3	1~ 4	余量	2	120	45	38HRF	5.8	90	未测定	—
	P2023-					160	55	52HRF	6.2	120	1	—
	P2024-					200	65	62HRF	6.6	140	2	300
	P2025-					240	75	68HRF	7.0	170	3	400
	P2032-	<0.3	4~ 8	余量	2	160	55	52HRF	5.8	120	未测定	—
P2033-	200					60	57HRF	6.25	140	未测定	—	
P2034-	240					70	65HRF	6.6	190	1	—	
P2035-	280					85	46HRB	7.0	230	2	400	
铜 钢	P2043-	0.3~ 0.6	1~ 4	余量	2	220	80	45HRB	6.2	190	未测定	—
	P2044-					280	100	50HRB	6.6	230	未测定	350
	P2045-					350	120	62HRB	7.0	280	1	400
	P2053-	0.6~ 0.9	1~ 4	余量	2	270	100	50HRB	6.2	210	未测定	—
	P2054-					340	120	62HRB	6.6	270	未测定	350
	P2055-					420	140	69HRB	7.0	330	未测定	400
	P2063-	0.3~ 0.6	4~ 8	余量		250	90	48HRB	6.2	210	未测定	—
P2064-	320					110	57HRB	6.6	260	未测定	350	
PP2073-	0.6~ 0.9	4~ 8	余量	2	300	110	57HRB	6.6	240	未测定	—	

表 9-3-19 铁基结构零件材料—磷钢

材料	牌号	标准值						参考近似值				
		化学成分/%					其他 元素 总和	物理-力学性能				
		C _{化合}	Cu	P	Fe	抗拉 强度 Rm ≥ /MPa		表观硬度		密度 ρ /g·cm ⁻³	屈服 强度 Rp _{0.2} /MPa	伸 长 率 A/%
							HV ₅ ≥	洛氏 ≥				

						≤						
低碳磷钢	P1064- P1065- P1066-	<0.3	—	0.2~ 0.5	余量	2	240 260 280	70 85 100	66HRF 46HRB 50HRB	6.6 6.8 7.0	180 200 220	4 6 8
	P1084- P1086-	<0.3	—	0.51~ 0.65	余量	2	280 360	85 115	46HRB 60HRB	6.6 7.0	220 280	4 5
	P1074- P1075- P1076-	0.3~ 0.6	—	0.2~ 0.5	余量	2	320 360 400	100 110 120	50HRB 57HRB 62HRB	6.6 6.8 7.0	260 285 300	2 3 4
	P1094- P1096-	0.3~ 0.6	—	0.5~ 0.65	余量	2	370 460	120 140	62HRB 69HRB	6.6 7.0	310 400	2 5
低碳铜磷钢	P2094- P2095- P2096-	<0.3	1~ 4	0.2~ 0.5	余量	2	300 340 380	100 110 120	50HRB 57HRB 62HRB	6.6 6.8 7.0	270 290 310	2 3 5
	P2124- P2126-	<0.3	1~ 4	0.5~ 0.65	余量	2	320 400	100 120	50HRB 62HRB	6.6 7.0	280 320	2 5
	P2104- P2105- P2106-	0.3~ 0.6	1~ 4	0.2~ 0.5	余量	2	400 440 480	120 135 145	64HRF 67HRB 70HRB	6.6 6.8 7.0	360 390 410	2 2 2
	P2134- P2136-	0.3~ 0.6	1~ 4	0.5~ 0.65	余量	2	450 530	145 160	70HRB 75HRB	6.6 7.0	400 450	1 2

表 9-3-20 铁基结构零件材料—镍基、镍铜钢

材料	牌号	标准值						参考近似值				
		化学成分/%					物理-力学性能					
		C _{化合}	Ni	Cu	Fe	其他元素总和 ≤	抗拉强度 R _m ≥ /MPa	表观硬度		密度 ρ /g·cm ⁻³	屈服强度 R _{p0.2} /MPa	伸长率 A/%
低碳镍钢	P3014- P3015-	<0.2	1~ 3	< 0.8	余量	2	200 250	50 60	45HRF 57HRF			
	P3025-	<0.2	3~ 6	< 0.8	余量	2	300	80	45HRB	7.0	200	6
	P3034- P3035-	<0.3	1~ 3	1~ 3	余量	2	240 270	70 90	66HRF 48HRB	6.6 7.0	170 200	3 4
镍铜钢	P3044- P3045-	0.3~ 0.6	1~ 3	1~ 3	余量	2	300 360	100 120	50HRB 62HRB	6.6 7.0	260 300	1 2
	P3054- P3055	<0.3	3~ 6	1~ 3	余量	2	250 290	70 90	66HRF 48HRB	6.6 7.0	190 220	3 4
	P3064-	0.3~	3~	1~	余	2	320	100	50HRB	6.6	280	1

		0.6	6	3	量								
--	--	-----	---	---	---	--	--	--	--	--	--	--	--

表 9-3-21 铁基结构零件材料—镍铜钼钢

材料	牌号	标准值						参考近似值					
		化学成分/%						物理-力学性能					
		C _{化合}	Ni	Cu	Mo	Fe	其他元素总和 ≤	抗拉强度 R _m ≥ /MPa	表观硬度		密度 ρ /g·cm ⁻³	屈服强度 R _{p0.2} /MPa	伸长率 A/%
							HV ₅ ≥	洛氏 ≥					
镍铜钼钢	P3074- P3075- P3076-	< 0.3	1 ~ 3	1 ~ 3	0.3 ~ 0.7	余量	2	260 290 320	80 100 110	45 50 57	6.6 6.9 7.1	170 200 220	3 4 5
	P3084- P3085- P3086- P3086 Z	0.3 ~ 0.6	1 ~ 3	1 ~ 3	0.3 ~ 0.7	余量	2	370 450 500 900	115 140 155 330HV ₂₀	60 69 73 30HRC	6.6 6.9 7.1 7.1	300 360 390 800	2 3 4 1
	P3094- P3095-	0.6 ~ 0.9	1 ~ 3	1 ~ 3	0.3 ~ 0.7	余量	2	430 520	130 160	65 74	6.6 6.9	330 380	1 2
	P3104- P3105- P3106- P3106 Z	0.3 ~ 0.9	3 ~ 6	1 ~ 3	0.3 ~ 0.7	余量	2	450 600 680 960	130 180 200 360HV ₂₀	65 80 85 33HRC	6.6 6.9 7.1 7.1	330 400 440 860	1 2 3 1
	P3136-	0.3 ~ 0.6	3 ~ 6	1 ~ 3	0.7 ~ 2.0	余量	2	800	220	90	7.1	520	1

表 9-3-22 铁基结构零件材料-预合金化镍钼锰钢(仅热处理态)

材料	牌号	标准值										参考近似值									
		化学成分/%						物理-力学性能													
		C _{化合}	Ni	Mo	Mn	Fe	其他元素总和	抗拉强度 R _m ≥	表观硬度		密度 ρ /g·cm ⁻³	屈服强度 R _{p0.2}	伸长率 A/%	弹性模量 E/M	压缩屈服强度	压缩泊松比	无凹口锤式冲击	基体硬度		横向断裂强度	
							HV	HR									HV _{0.1}	努氏 (0.981)			

							≤	≥				2	Pa	R	击	N)	R _{tr} /			
																		MPa	MPa	能量、J
预合金化镍铝锰钢	P4114Z	0.4~0.7	0.35~0.65	0.5~0.85	0.25~0.60	余量	2	60	3	2	6.7	60	未测定	121500	65596	0.25	5.15	780	685	1015
	P3115Z	0.7	0.65	0.85	0.60	余量	2	60	3	2	6.7	60	未测定	121500	74510	0.25	5.8	780	685	1015
	P3124Z	0.4	0.5	0.5	0.5	余量	2	60	3	2	6.7	60	未测定	121500	8210	0.25	6.5	780	685	139
	P31275Z	0.7	0.85	0.60	0.60	余量	2	60	3	2	6.7	60	未测定	121500	1400	0.25	7.0	780	685	0
	P31275Z	0.7	0.85	0.60	0.60	余量	2	60	3	2	6.7	60	未测定	121500	1400	0.25	7.0	780	685	0

表 9-3-23 铁基结构零件材料-渗铜钢或渗铜合金钢

材料	牌号	标准值					参考近似值											
		化学成分/%					物理-力学性能											
		C _{化合}	Cu	Fe	其他元素总和	抗拉强度 R _m ≥ / MPa	表观硬度 HV ₂ ≥	HRC ≥	密度 ρ / g·cm ⁻³	屈服强度 R _{p0.2} / MPa	伸长率 A / %	弹性模量 E/MPa	压缩屈服强度 R _{p0.1} / MPa	压缩泊松比	无凹口锤式冲击能量、J	横向断裂强度 R _{tr} /MPa	基体硬度 HV _{0.1}	努氏 (0.981N)
渗铜钢	P22	<0.3	8~1	余量	2	300	140	6	7.3	210	7	110	225	0	3	910	—	—
	145-P21	<0.3	1	余量	5	0	120	0	7.3	230	8	300	280	.	4	990	—	—
	55-P21	<0.3	5	余量	2	2	180	0	7.3	325	4	103	365	3	2	108	—	—
	P21	0.3	1	余量	.	7	170	7	7.3	375	3	400	485	1	0	5	—	—
	65-	~	5	余量	5	5	180	0	7.3	375	1	110	410	0	1	114	—	—

	P21	0.6	~	余量	2	4					110		3	1	102		
	75-	0.6	2	量	.	5					300		0	3	0		
	P21	~	5	余量	5	0					103		0	1	107		
	85-	0.9	8	量	2	5					400		.	0	5		
	P21	0.3	~	余量	.	2					103		3	9			
	95-	~	1	量	5	5					400		1				
		0.6	5		2	4							0				
		0.6	8		.	2							.				
		~	~		5	5							3				
		0.9	1		2	4							1				
			5		.	7							0				
			1		5	5							.				
			5										3				
			~										1				
			2										0				
			5										.				
			1										3				
			5										1				
			~														
			2														
			5														
			8										0				
			~										.				
		0.3	5		2	7				未测定			2				6
		~	8		.	0							9				8
	P21	0.6	~	余量	5	0				3	110		0		144		5
	65Z	0.3	1	量	2	7				2	300		.		5		6
	P21	~	5	余量	.	0	350	3	7.3	700	110	765	2	9	133	780	8
	75Z	0.6	1	量	5	0	400	7	7.3	700	300	790	9	8	0	780	5
	P21	0.3	5	余量	2	5	340	3	7.3	590	113	485	0	9	117	780	6
	85Z	~	~	量	.	9	340	0	7.3	590	400	510	.	6	5	780	8
	P21	0.6	2	余量	5	0		3			113		3		109		5
	95Z	0.3	5	量	2	5		0			400		1		5		6
		~	1		.	9							0				8
		0.6	5		5	0							.				5
			~														
			2														
			5														

表 9-3-24 铁基结构零件材料-奥氏体。马氏体及铁素体不锈钢

材料	牌号	标准值	
		化学成分/%	物理-力学性能

		Cr	Ni	Mn	S	C	N	Fe	其他元素总和 ≤	抗拉强度 Rm ≥ /MPa	表观硬度		密度 ρ /g·cm ⁻³	屈服强度 Rp _{0.2} /MPa	伸长率 A/%						
											HV ₅ ≥	HRB ≥									
奥氏体 303 303L	P3504-	17~	8~	—	0.15~	<0.15	0.2~	余量	3	205	90	40	6.4	210	15						
	P3505-	19	13	—	0.30	<0.15	0.6~			300						105	55	6.5	240	5	
	P3506-	17~	18~	—	0.30	<0.03	<0.1			3						210	85	30	6.6	140	10
	P3506-	19	13	—	0.30	<0.03	<0.1			3						210	85	30	6.6	140	10
奥氏体 304 304L	P3514-	16~	10~	—	—	<0.08	0.2~	余量	3	215	90	40	6.4	220	26						
	P3515-	18	14	—	—	<0.08	0.6~			305						105	55	6.5	250	6	
	P3516-	18~	8~	—	—	<0.03	<0.1			3						220	85	30	6.6	150	15
	P3516-	20	12	—	—	<0.03	<0.1			3						220	85	30	6.6	150	15
奥氏体 316 316L	P3524-	16~	10~	2~	—	<0.08	0.2~	余量	3	220	90	40	6.4	225	28						
	P3525-	18	14	3	—	<0.08	0.6~			310						105	55	6.5	255	8	
	P3526-	16~	10~	2~	—	<0.03	<0.1			3						220	85	30	6.6	155	18
	P3526-	18	14	3	—	<0.03	<0.1			3						225	85	30	6.6	155	18
马氏体 410	P3535Z-	11.5~13.5	—	—	—	0.10~0.25	0.2~0.5	余量	3	510	260	25HRC	6.5	400	<1						
铁素体 410L	P3536-	11.5~13.5	—	—	—	<0.03	<0.1	余量	3	200	80	20	6.6	180	7						
铁素体 430	P3544-	16~	—	—	—	<0.08	—	余量	3	230	95	45	6.4	210	8						
	P3546-	18	—	—	—	<0.08	—			250						100	50HRA	6.6	220	12	

铁素体 434	P355	16 ~ 18	—	1 ~ 2	—	< 0.08	—	余量	3	24 0 26 0	95 11 00	45 50	6.4 6.6	22 0 23 0	8 12
	4- P355 6-														

表 9-3-25 发动机中应用的粉末冶金零件例

序号	零件名称	材料	密度/g·cm ⁻³	备注
1	凸轮轴与曲轴 链轮 定时齿轮	Fe-0.9C Fe-0.9C	6.2~6.4 6.6~6.7(齿 部)	进行热处理
2	摇臂支架	Fe-(0.6~1.0)C-2.5Cu	6.3(min)(毂 部 6.2~6.6)	热处理; 表 面 58HRC; 连通孔隙度 16%
3	转子泵 A. 外定子 B. 内转子	Fe-0.25C-3.0Cu Fe-0.75C-2.0Cu	5.7~6.0 6.6~6.8	浸由 水蒸气处 理; 符合压 溃强度要求
4	摇臂的粉末冶 金镶件	与 C.I.曲轴相容, 耐磨	7.0	用铜钎焊组 装
5	气门导管	Fe-0.5c	6.5	
6	气门导管	Fe-2.0C-4.5Cu-0.25P	6.5(平均值 (6.2~6.8))	
7	使用粉末冶金 凸角的组合凸 轮轴凸角	Fe-2.5C-5.0Cr-1.0Mo-2.0Cu-0.5P-2(其 他)	7.6	总质量 2.5kg
8	由两个单个烧 结零件-复合 凸轮轴带轮	Fe-0.4C-2.0Cu-2.0Ni	6.5	零件烧结后 压制在一起
9	凸轮轴链轮	Fe-0.9C-2.0Cu	6.1(min)(整 体) 6.4(min)(齿 部)	
10	曲轴链轮	Fe-0.9C-2.0Ni	6.6(min)(整 体) 6.8(min)(齿 部)	
11	链条传动的曲 轴的双联链轮	—	—	由两个链轮 和一个连套 制成的组合 件
12	柴油机燃料注 射泵的链条的 双联链轮	Fe-0.8C-3.0Cu	6.4	
13	组合凸轮轴的	Fe-(0.8~1.4)C-(3.0~5.0)Cr-(4.0~	7.6	

	凸轮凸角	8.0)Cu-(3.0~6.0)Mo-(4.0~7.0)W-(1.0~3.0)V-(0.8~1.5)P-(1.5~3.0)固体润滑剂		
14	水泵带轮毂	Fe-(0.6~0.9)C-2.5Cu(min)	6.4~6.8	
15	水泵法兰	Fe-0.6C-1.0Cu-4.0Ni-0.5S	6.4	
16	粉末冶金热锻 连杆	Fe-0.5C-2.0Cu-0.09S	7.82	日本生产
17	热成形的粉末 冶金连杆	Fe-0.55C-2.0Cu-0.2S	7.82	锻造后空气 冷却
18	汽车柴油发动 机的调速器的 平衡块	T15 高钒工具钢 Fe-1.78C-0.25Mn-0.34Si-0.15Ni -4.25Cr-6.55V-12.4W-0.5Mo-5C-0.015S -0.028P-0.08Cu	8.16	热处理到 60~66HRC
19	曲轴的主轴承 盖	Fe-0.6C-(2.0~4.0)Cu-(0.3~0.6)P	6.8	
20	进、排气阀的 阀座圈 A、进气阀座 圈 B、排气阀座 圈	Fe-(0.9~2)C 总-(0.9~1.2)C 化-4.0Cu 0.6MoFe-(0.9~2)C 总-(0.9~1.1)C 化 -11.5Cr-6.0Cu-0.4Mo-3.5 固体润滑剂	6.4~6.8 6.4~6.8	
21	V-6 发动机平 衡轴机构零件	FN-0405; Fe-4Ni-0.4C-2Cu(max)	6.8	零件由两个 烧结铜钎焊 在一起的零 件制成, 随 后进行热处 理
22	摇臂球座轴承	F-0008-55HT; Fe-(0.6~0.9)C	6.8	为了耐磨零 件要进行热 处理
23	凸轮轴护圈	FC-0208; Fe-2.5Cu-(0.6~0.9)C	6.9	为防止磨 损, 进行磷 化处理
24	凸轮轴护板	Fe-(0.3~0.6)C-(2~4)Ni-(1~3)Cu	6.8	进行水蒸气 处理和感应 硬化
25	凸轮轴压紧托 架	F-0005 Fe-(0.3~0.6)C	6.8	进行磷化处 理
26	燃料泵偏心轮	Fe-(0.4~0.7)C-(1~2)Cu	6.6	进行渗碳, 淬火和回火
27	曲轴链轮	Fe-Ni-C	7.4	具有超高密 度, 零件热 处理到 50HRC

28	曲轴链轮	Fe-Ni-C	6.8	内径挖去一部分以减小质量
29	阀挺杆导承	Fe-0.6C-10Ni-0.5Mo-0.25Mn	7.40	用于滚柱挺杆导向
30	节气阀凸轮镶件	304 型号不锈钢	6.7~6.8	在分解氨中于 1232℃ 烧结
31	燃料注射泵零件	Fe-(0.4~0.7)C-(1~2)Cu	6.6	零件 B 进行渗碳、淬火
	零件 A	Fe-(0.2~0.4)C-(0.5~1)Mn-(2~4)Ni	6.9	
	零件 B	Fe-(0.4~0.7)C-(1~3)Cu	6.9	
	零件 C			

表 9-3-26 标准(手动)变速器中使用的粉末冶金零件例

序号	零件名称	材料	密度/g · cm ⁻³	备注
1	同步器隔环	Fe-0.5C-2Ni-2Cu-0.5Mo	7.1	进行碳氮共渗, 于烧结态使用
	A、载重车变速器用 B、轿车变速器用		6.9	
2	同步器毂	Fe-0.4C-5Ni-2Cu-0.5Mo	7.0	将 3%Ni 混合于预合金粉中, 170HB
	A 型 B 型		7.0	
3	同步器键	Fe-0.5C-2Ni-2Cu-0.5Mo	7.1	进行碳氮共渗, 硬度 HV1450(min)
4	变速杆	Fe-0.5C-5Ni-2Cu-0.5Mo	7.1	将 3%Ni 粉混合于预合金粉中, 于 1250℃ 真空烧结, 杆端感应淬火到 1500HV
5	制轮器与导板	Fe-0.3C,熔渗铜	7.3~7.5(熔渗后)	热处理硬度 58HRC
6	变速杆 A 型 4 档 B 型 5 档	Fe-0.3C,熔渗铜	7.3~7.5(熔渗后)	热处理硬度 58HRC
7	离合器毂	Fe-0.6C-2.0Ni-1.5Cu-	6.6~6.8	热处理硬度 55~58HRC, 用于载重车变速器螺纹机械
8	调整环	Fe-(0.2~0.4)C-2Cu	6.4~6.8	加工用于载重车变速器
9	同步器联锁套管	Fe-(0.4~0.6)C-0.2Ni	7.0	碳氮共渗到颗粒硬度 58HRC

10	同步器毂	Fe-0.2C-2Cu-2Ni	7.1	碳氮共渗硬度 1300HV, 用于 载重车变速器
11	变速锁紧杆罩	Fe-0.5C-(1.0~3.0)Cu -(4.0~6.0)Ni-(0.4~ 0.6)Mo-0.3Mn(max)	6.9(突起部) 6.5(min) (扁平部分)	突起部感应淬 火到 67HRA
12	甩油杯调整垫	Fe-0.7C-2.0Cu	6.8	
13	变速杆	Fe-0.25C-1.8Ni-0.33Mo -1.6Cu	7.2(min)(体部) 7.4(叶片)	渗碳; 表观硬度 44HRC; 颗粒硬 度 57HRC, 渗 碳层 1.0~ 1.5mm
14	变速杆	Fe-0.2C-2.0Cu-2.0Ni	6.9	
15	同步器毂 A 型 B 型	Fe-0.75C-3.0Cu Fe-0.5C-2.0Cu	6.8~6.9	
16	同步器隔环	Fe-0.6C-3.7Ni-0.5Mo-0.2Cu	7.0	外部突起部感 应硬化到 600HV ₅
17	变速器联锁套管与 控制杆	Fe-(0.7~1.0)C-(1~3)Cu	6.7	碳氮共渗与高 频淬火硬化
18	制轮器杆	FN-0205 Fe-0.45C-2Ni-2.5Cu	7.1	高温烧结; 进行 热处理, 感应硬 化
19	换向机构的标准变 速器的拨叉	FC-0208 Fe-0.85C-2Cu	7.0(min)	叉头部感应硬 化
20	转换机构的制轮器	FC-0208 Fe-(0.6~0.9) C-(1.5~3.9)Cu	6.8(min)	零件钻 6 个空
21	10 档载重车的变速 器的同步器板	FC-0208 Fe-0.85C-2Cu	6.6	内径拨梢角度 公差保持在 0.67°, 热处理 硬度 50HRC
22	离合器分离毂	Fe-0.9C-1.5Cu	6.6	毂在装轴承处 要精磨加工

表 9-3-27 自动变速器中使用的粉末冶金零件例

序号	零件名称	材料	密度/g · cm ⁻³	备注
1	叶片泵 A. 转子 B. 定子	Fe-0.75C-1.0Ni-1.0Cu	6.8	水蒸气处理
		Fe-0.5C-2.0Ni	6.8	水蒸气处理
2	齿轮泵 A、转子 B、定子	Fe-0.75C-2.0Cu	6.6~6.8	水蒸气处理
		Fe-0.25C-3.0Cu	5.7~6.0	

3	转换器涡轮毂	Fe-0.6C-2.0Cu-0.2S	6.4(min)(毂) 6.6~6.8 (其余部分)	在预混合粉中 掺入 MnS
4	离合器片	Fe-0.85C-1.5Cu	6.5~7.5	零符合压溃实 验要求。零件 A 外径为 217.5mm
5	离合器毂	Fe-0.7C-2.0Cu	6.3~6.5	熔渗铜
6	离合器毂	Fe-0.7C-2.0Cu	6.4~6.6	
7	离合器毂	Fe-0.7C-2.0Cu	6.3~6.5	
8	转换器离合器外环	Fe-0.2C-1.8Ni-0.5Mo	7.82	烧结渗碳,热成 形和硬化到 58HRC(min)
9	转换器离合器内环 A 型 B 型 C 型	Fe-0.62C—1.8Ni-0.5Mo(A) Fe-0.62C—1.8Ni-0.5Mo(B) Fe-0.2C—1.8Ni-0.5Mo(C)	7.82(min)	零件 A、B 热成 形,要进行淬火 与消除应力
10	超越离合器外环	Fe-0.2C-1.8Ni-0.5Mo	7.82(min)	烧结渗碳淬火 消除应力,热成 形
11	超越离合器外环	Fe-0.2C-1.8Ni-0.5Mo	7.82(min)	烧结渗碳,热成 形及淬火
12	锁定转换器零件 A、毂 B、内环	Fe-0.6C-1.5Cu-0.2S Fe-0.8C-0.4Ni-0.3Mn-0.6Mo	7.78 7.82	锻造后缓冷,硫 以 MnS 状加 入, 100HRB 热 成形与淬火硬 度 58HRC
13	锁定转换器的单向 内凸轮	Fe-0.62C-1.8Ni-0.5Mo	7.82(min)	烧结,热成形淬 火及消除应力
14	载重车用自动变速 器中的内齿环	改进 4600 粉末冶金钢	7.82(min)	热锻生产
15	载重车用自动变速 器中的单向离合器 外环	改进 4600 粉末冶金钢	7.82(min)	热锻生产
16	载重车用自动变速 器中的单向离合器 内环	改进 4600 粉末冶金钢	7.82	烧结渗碳,热 锻,渗碳层硬度 58HRC
17	停车齿轮	Fe-0.9C-1.6Cu	6.6~6.8	热处理硬度 55HRC, 需符 合压溃实验要 求
18	自动跳和杆	F-0008-30 Fe-(0.6~0.9)C	6.6~6.8	用压下加速器 踏板使变速箱 减速启动零件

19	链条链轮-前轮驱动装置	FN-0208Mod Fe-(0.65~0.80)C-(1.75~2.25)Ni-0.1S-0.5Cu(max)	7.35(min)	超高密度零件用复压复烧制造,第二次烧结在高温下进行
20	停车齿轮 A、载重车用 B、轿车用	Fe-(0.5~0.7)C-(1.75~2.25)Ni FN-0205-5Mod.0.6~1.0Ni	7.4(min) 7.1(min)	高温烧结零件 A 复压-复烧
21	离合器压力片	FN-0405 Fe-4Ni-0.4C-2Cu(max)	7.30(min)	复压-复烧。第二次烧结在高温下进行
22	中间离合器毂	FC-0208 Fe-0.8C(min)-(1.5~3.9)Cu	6.8(min)	需进行补充机械加工
23	单向离合器环	Mod.4600 Fe-0.25C-2Ni-0.5Mo	7.82(min)	烧结渗碳,精密热锻
24	转换器离合器环	Mod.4600 Fe-0.25C-2Ni-0.5Mo	7.82(min)	烧结渗碳,精密热锻
25	超越离合器环	Mod.4600 Fe-0.25C-2Ni-0.5Mo	7.82(min)	烧结渗碳,精密热锻
26	变扭器凸轮定子	Mod.4600 Fe-0.25C-2Ni-0.5Mo	7.7(min)	烧结,热成形,机械加工,渗碳及淬火

表 9-3-28 转向装置与转向柱中应用的粉末冶金零件例

序号	零件名称	材料	密度/g·cm ⁻³	备注
1	动力转向泵中的零件 A、上侧板 B、下侧板 C、转子	Fe-0.9C-1.6Cu Fe-0.9C-1.6Cu Fe-0.55C-2Cu	6.0~6.4 6.0~6.4 6.6~6.8	水蒸气处理 水蒸气处理
2	转向柱垫	Fe-0.85C-1.5Cu	6.2~6.4	
3	齿条-齿轮式转向装置的闷头部件	F-0008-25 Fe-(0.6~0.9)C	6.2~6.4	将一个齿轮制动梢轴套压入孔
4	齿条-齿轮式转向装置外殼的侧板	F-0000-20 Fe	7.2(min)	作用同转向装置的推力轴承与垫圈
5	转向齿条导承 A 型 B 型	Fe-(0.7~1.0)C-(1~2)Cu Fe-(0.4~0.7)C-(1~2)Cu	6.6(min) 6.6(miin)	与树脂板压配合,进行渗碳,淬火
6	斜置转向轮毂齿杆	Fe-(0.5~0.6)C-10Ni-0.5Mo	7.40	烧结冷却后,零件硬化到30HRC,采用高温烧结
7	斜置转向轮毂齿杆	Fe-0.6C-6Ni	7.25	具有五个定位

				的杆, 零件需热处理
8	转向柱的点火按键开关装置	F-0008-30 Fe-(0.6~0.9)C	6.6	当键转动时, 启动转向柱的联锁
9	无源节制转向柱锁紧棘爪 (两种不同设计)	FL-4605-100HT Fe-(0.4~0.7)C-(1.7~2.0)Ni-(0.4~0.8)Mo	6.9~7.0	
10	前灯罩调节器齿轮	Fe-0.8C	6.4	浸油, 内孔整形

表 9-3-29 悬挂装置中应用的粉末冶金零件例

序号	零件名称	材料	密度 /g · cm ⁻³	备注
1	前悬架球轴承	Fe-0.95C-2.5Cu	6.0~6.4	要热处理(碳氮共渗)到62HRC。必须符合压溃实验要求
2	减震器零件 A (质量 40g) B (质量 37g) C (质量 15g) D (质量 60g) E (质量 26g)	Fe-0.8C	6.2(端部) 5.8(裙部)	
3	前减震器零件 活活塞 导向器 活活塞 阀座 底座	Fe-(1~5)Cu-(0~4)Ni Fe-(1~5)Cu Fe-(1~5)Cu Fe-(1~5)Cu-(0.4~1.0)C Fe-(1~5)Cu	>7.0 >6.4 >6.4 >6.4 >6.4	为了耐磨, 零件都要进行水蒸气处理
4	转型减震器零件 活活塞 导向器	Fe-(<1.0)Cu Fe-(<1.0)Cu	>6.4 5.8~6.3	奥迪 100 轿车用
5	Mcpherson 撑杆轴承	Fe-1C(要进行水蒸气处理)	6.2	微型车用(质量 59.1g) 中型车用(质量 81g)
6	豪华车中的减震器零件支架	Fe-0.6C-1.5Cu-1.75Ni-0.5Mo	6.8(min)	高温烧结, 烧结后磷化处理
7	载重车用减震器的活活塞	Fe-0.6C-1.0Cu-0.8MnS	6.4~6.6	

表 9-3-30 制动装置中使用的粉末冶金零件例

序号	零件名称	材料	密度/g · cm ⁻³	备注
1	制动器防松螺母(主缸)	FC-0208;Fe-(0.6~0.9)C-(1.5~3.9)Cu	7.4	零件熔渗铜, 螺纹机械加工
2	制动系统调节器螺母	Fe-(0.7~1.0)C-(1~2)Cu	6.6(min)	零件车螺纹后镀锌
3	制动系统调节器	Fe-0.8C-25cU	6.8(min)	熔渗铜

表 9-3-31 电气装置中应用的粉末冶金零件例

序号	零件名称	材料	密度/g · cm ⁻³	备注
1	分电器齿轮	Fe-2Cu-(0.8~1.0)C	6.6~6.8	
2	分电器零件 A、极片 B、转子 C、毂	Fe-0.45P	6.0(平均值) 6.9min(末端)	用于电子点火系统
3	起动机马达的行星齿轮	Fe-(9~10)Ni-0.6Cu	7.4	一次压制, 不进行热处理, 烧结后空气冷却到表观硬度 35HRC
4	用于风挡刮水器马达和刮水器机构总成中的各种齿轮	Fe-0.95C	6.0~6.4	必须通过静态扭矩试验
5	启动马达的带整体框架的极片	Fe-0.03C	7.2	

表 9-3-32 车体与座椅中应用的粉末冶金零件例

序号	零件名称	材料	密度/g · cm ⁻³	备注
1	后靠座椅的零件	Fe-(0.4~0.7)C-(1~2)Cu	6.6(min)	零件进行渗碳淬火
2	座椅安全带机构零件	Cu-(16~20)Zn-(17~19)Ni	7.8	
3	自动顶棚铰链支架	Fe-(0.7~1.0)C-(1~2)C	6.6(miin)	树脂浸渗和镀锌
4	车门撞块	Fe-(0.6~0.7)C-(1~2)C	6.3~6.5	
5	车门窗小齿轮	Fe-0.8C-2Cu-1.75Ni-0.5Mo	6.8~7.2	真空热处理
6	后视镜座	316L 不锈钢	6.6~6.9	零件的一面涂以玻璃, 未固定在风挡上面提供好的结合表面
7	电遥控侧视镜零件	Fe-(0.3~0.6)C-(2~4)Ni-(1~3)Cu	6.6(min)	零件进行渗碳淬火

表 9-3-33 空调器压缩机中应用的粉末冶金零件例

序号	零件名称	材料	密度/g · cm ⁻³	备注
----	------	----	-------------------------	----

1	空调器离合器毂	Fe-0.75C-3.0Cu	6.6~6.8	必须通过静态压溃试验
2	空调器压缩机的旋转斜盘	Fe-0.5C-0.4Ni-0.3Mn-0.6Mo	6.4	用感应加热硬化
3	旋转压缩机 A、缸体 B、转子	Fe-(0.5~0.8)C-(1~2)Cu Fe-(0.3~0.6)C-(2~4)Ni-(1~3)Cu	6.45 6.8	韩国车辆空调器用压缩机

表 9-3-34 汽车中使用的其他粉末冶金零件例

序号	零件名称	材料	密度/g·cm ⁻³	备注
1	轿车中心锁扣装置的双联齿轮	Fe-0.6C-1.5Cu-1.75Ni-0.5Mo	6.85	零件进行渗碳、淬火
2	载重车后轴轴护圈	FC-0508 Fe-(0.6~0.9)C-(4~6)Cu	6.5	
3	轴承预载调节器	FN-0405 Fe-(0.3~0.6)C-(3~5.5)Ni-2Cu(max)	7.3	经二次压制, 未进行热处理
4	载重车差动齿轮箱(哈夫)	FN-0200 Fe-(0~0.3)C-(1~3)Ni-2.5Cu(max)	6.8	用气体钨弧焊将两个零件连接, 以形成壳体
5	后轴差动齿轮箱离合器环	FN-02080-HT Fe-(0.6~0.9)C-(1~3)Ni-2.5Cu(max)	6.8(min)	热处理到43~45HRC
6	Mcperson 撑杆导承 A 型 B 型	F-0008;Fe-(0.6~0.9)C F-0008;Fe-(0.6~0.9)C	6.6~6.8	于烧结态使用要进行水蒸气处理
7	载重车管件导板	高纯铁	6.9~7.0	零件用于导承从牵引车到拖车的空气与液压管线的管道
8	平衡驱动轴用焊接块	F-0008-15 Fe-(0~0.3)C	7.05~7.15	为了平衡而焊接在驱动轴上
9	电遥控侧视镜零件	Fe-(0.3~0.6)C-(2~4)Ni-(1~3)Cu	6.6(min)	零件进行渗碳, 淬火
10	联接器-载重车柴油发动机附属驱动装置	Fe-C-Ni-Cu 合金	6.4(花键熔渗Cu 到 7.0min)	外花键端部硬度为55HRB, 内花键端部硬度为80HRB
11	排气系统端块	F-0005 Fe-(0.3~0.6)C	6.6~6.7(熔渗铜以前)	进行熔渗铜和后续机械

				加工，然后铜钎焊在排气管的钢管上
12	转速表电磁传感元件	Fe-0.1C-0.45P	6.8	
13	发动机电磁传感元件	Fe-0.1C(max)-0.45P	7.2	
14	后轴电磁传感元件	Fe-0.1C(max)-0.45P	6.8	
15	防滑制动系统电磁传感元件	Fe-0.1C(max)	6.8	
16	排放物控制装置基座	304 不锈钢 Fe-18Cr-8Ni	6.6	
17	起动机马达中的螺线管柱塞止动器	Fe-0.45P-0.03c(平均值)	7.4	
18	转子型燃料泵元件 A、定子 B、转子	Fe-C-Ni-Cu+固体润滑剂	6.9~7.0	
19	油泵齿轮	Fe-0.4C(max)	6.4	
20	空气泵后转子板污染控制系统元件	Fe-0.8C	6.1~6.5	要求公差精度
21	用于加力燃料器总成(污染控制装置零件)	Fe-0.8C-2.0Cu	6.6	
22	粉末金属紧固件 A 型 B 型	303 不锈钢 Fe-(0.3~0.6)C	6.4~6.8 6.8~7.4	螺纹机加工，浸树脂及镀锌

表 9-3-35 用锻造法和粉末冶金法生产摩托车离合器主动齿轮的材料利用率和工时的对比

锻造法			粉末冶金法		
制造方法	单件	50000 件	制造方法	单件	50000 件
原材料	材料利用率 25%		原材料	材料利用率 100%	
锻造		167h	压制成形	0.35min	292h
粗车	0.2min	2750h	(500t 压机)		
精车	3.3min	2250h	烧结		208h
精镗	2.7min	833h	(120t 烧结炉)		
切齿	1min	1667h	精整	0.35min	292h
剃齿	2min	417h	(500t 压机)		
软氮化处理	0.5min	175h	感应淬火	0.15	125h
(局部装配)			(局部装配)		
合计		8259h	合计		917h

表 9-3-36 “南方-125”摩托车等使用的粉末冶金零件

项目	序号	零件名称	材料牌号	应用机种	日本零件材料
发动	1	机油泵轴套	FZ1260	NF125	粉末冶金
	2	轴套	FZ1260	NF125	粉末冶金

机 中 采 用 的 粉 末 冶 金 零 件	3	隔套	FTG90-25	NF125	粉末冶金	
	4	控制凸轮	FZ1260	NF125	粉末冶金	
	5	柱塞凸轮	FZ1260	NF125	粉末冶金	
	6	水泵轴套	FZ1260	水冷 NF125	粉末冶金	
	7	齿轮	FTG90-30	NF250	粉末冶金	
	8	齿轮	FTG90-30	NF250	粉末冶金	
	9	上油泵外转子	FTG90-30	NF250	粉末冶金	
	10	输入由容安装座	FTG90-25	NF250	粉末冶金	
	11	输出油管安装座	FTG90-25	NF250	粉末冶金	
	12	进气门座	Fe-Cu-Mo-C	NF250	粉末冶金	
	13	排气门座	Fe-Cu-Co-Ni-C	NF250	粉末冶金	
	14	进气门导管	EB-4(日本牌子)	NF250	青铜	
	15	排气门导管	EB-4(日本牌子)	NF250	青铜	
	16	定位板	FTG90-30	NF250	粉末冶金	
	17	下油泵内转子	FTG90-30	NF250	粉末冶金	
	18	下油泵外转子	FTG90-30	NF250	粉末冶金	
	19	上油泵内转子	FTG90-30	NF250	粉末冶金	
	20	电启动衬套	FTG90-25	750	钢	
	21	电启动压块	FTG90-25	750	—	
	22	摇臂支架柱	FTG90-35	750E	—	
	23	摇臂支架柱	FTG90-35	750、650	—	
	24	进气门导管	Fe-Cu-C	750、650	—	
	25	排气门导管	Fe-Cu-C	750、650	—	
	26	油泵从动齿轮	FTG90-3-	NF50	粉末冶金	
	27	脚启动小齿轮	Fe-Cu-Ni-C	NF50	粉末冶金	
	28	中间齿轮套	Fe-复合	NF50	粉末冶金	
	29	电启动中间齿轮	Fe-Cu-Ni-C	NF50	粉末冶金	
	30	登杆轴套	Fe-Cu-C	NF50	粉末冶金	
	31	主动轮右部铜套	Cu-Sn-S-C	NF250	粉末冶金	
	32	进气门座	Fe-Cu-Ni-Co-Mo	长江 750	粉末冶金	
	33	排气门座	Fe-Cu-Ni-Co-Mo	长江 750	粉末冶金	
	车 架 中 采 用 的 粉 末 冶 金 零 件	1	杆座	FTG90-25	NF125	粉末冶金
		2	环	FTG90-25	NF125	粉末冶金
3		衬套	FTG90-30	NF125	粉末冶金	
4		齿环	FTG90-25	NF125	粉末冶金	
5		活塞	FTG90-30	NF125	粉末冶金	
6		活塞	FTG90-30	NF125	粉末冶金	
7		导向套	FTG90-30	NF125	粉末冶金	
8		阻尼阀座	FTG90-30	NF125	粉末冶金	
9		衬套	FTG90-30	2C-NF125	—	
10		齿环	FTG90-25	2C-NF125	粉末冶金	
11		座	FTG90-30	2C-NF125	粉末冶金	

表 9-3-37 日立粉末冶金（珠）生产的摩托车用粉末冶金零件例

项目	序号	零件名称	材料	密度 /g·cm ⁻³	后续处理
四冲程发动机用粉末冶金零件		凸轮链轮	Fe-(1~2)Cu-(0.7~1.0)C	6.9~7.2	—
		启动齿轮	Fe-(1~2)Ni-(0.3~0.6)Mo-(0.15~0.3)C	7.6~7.8	渗碳、淬火
	1	张紧装置链轮	Fe-(1~2)Cu-(0.7~1.0)C	6.6~6.8	—
	2				
	3	起动机减速齿轮（内）	Fe-(1~2)Cu-(0.4~0.7)C	6.9~7.2	渗碳、淬火
	4				
	5	起动机减齿轮（外）	Fe-(1~2)Cu-(0.4~0.7)C	6.6~6.9	—
	6				
7	主驱动齿轮	Fe-(1~3)Ni-(0.3~0.6)Mo-(0.15~0.3)C	6.6~6.9	渗碳、淬火	
8					
		油导套(Oil Guide metal)	Fe-(1~2)Cu-(0.4~0.7)C	6.6~6.9	渗碳、淬火
		主从动齿轮	Fe-(2~4)Ni-(1~3)Cu-(0.35~0.6)C	6.9~7.2	渗碳、淬火
50cc 摩托车发动机用粉末冶金零件		定时链轮	Fe-(1~2)Cu-(0.7~1.0)C	6.6~6.9	—
		起动机链轮（1）	Fe-(1~2)Cu-(0.7~1.0)C	6.6~6.9	—
	1	起动机链轮（2）	Fe-(2~4)Ni-(0.5~1.0)Mn-(0.2~0.4)C	6.9~7.2	渗碳、淬火
	2				
	3	主末档齿轮	Fe-(2~4)Ni-(0.5~1.0)Mn-(0.2~0.4)C	6.9~7.2	渗碳、淬火
	4				
	5	主二档齿轮	Fe-(2~4)Ni-(0.5~1.0)Mn-(0.2~0.4)C	6.9~7.2	渗碳、淬火
	6				
7	副轴 ^{末档} _{二档} 齿轮	Fe-(2~4)Ni-(0.5~1.0)Mn-(0.2~0.4)C	6.9~7.2	渗碳、淬火	
8					
		副轴低档齿轮	Fe-(2~4)Ni-(0.5~1.0)Mn-(0.2~0.4)C	6.9~7.2	渗碳、淬火
		气阀芯	Fe-(2~4)Cu-(0.4~0.7)C	6.3~6.6	渗碳、淬火
离合器用粉末冶金零件	1	离合器升降机构凸轮	Fe-(1~2)Cu-(0.4~0.7)C	6.9~7.2	
	2	离合器升降机构凸轮	Fe-(1~2)Cu-(0.4~0.7)C	6.9~7.2	
	3	离合器升降机构枢轴	Fe-(1~2)Cu-(0.4~0.7)C	6.6~6.9	
二冲程用粉末冶金零件	1	气阀芯	Fe-(1~2)Cu-(0.4~0.7)C	6.3~6.6	热处理
	2	隔环	Fe-(1~2)Cu-(0.7~1.0)C	6.6~6.9	—
	3	棍子保持架	Fe-(1~2)Cu-(0.4~0.7)C	6.3~6.6	水蒸气处理
	4	滚子	Fe-(1~2)Cu-(0.7~1.0)C	6.6~6.9	水蒸气处理
	5	启动齿轮座	Fe-(1~2)Cu-(0.4~0.7)C	6.6~6.9	—

	6	变速凸轮座	Fe-(1~2)Cu-(0.4~0.7)C	6.6~6.9	—
	7	变速凸轮	Fe-(2~4)Ni-(0.5~1.0)Mn-(0.2~0.4)C	6.6~7.1	渗碳。淬火
泵用 粉末 冶金 零件	1	可调带轮	Fe-(1~2)Cu-(0.4~0.7)C	6.3~6.6	水蒸气处理
	2	柱塞凸轮	Fe-(1~2)Cu-(0.4~0.7)C	6.3~6.6	镀金属
	3	涡轮	Fe-(1~2)Cu-(0.4~0.7)C	6.3~6.6	水蒸气处理

表 9-3-38 农机具中的烧结零件

机具名称	零件名称	材料	特点
田植机	从动机构凸轮	Fe-20Cu-0.4C, 7.0~7.6g/cm ³	冲击轻度高
	纵向进给凸轮	Fe-2Cu, 7.0~7.4 g/cm ³ 渗碳、淬火	耐磨
联合收割机、割捆机	驱动链轮(搬运驱动机身)	Fe-20Cu-0.7C, 6.7~7.0 g/cm ³ , 高频淬火	耐磨(齿端)
	拉起链轮(拉起部分)	Fe-20Cu-0.7C, 6.7~7.0 g/cm ³ , 高频淬火	耐磨
	中间链轮	Fe-2Ni-0.2C, 7.4~7.8 g/cm ³ 渗碳、淬火	耐磨, 弯齿强度高
	捆扎夹持器齿轮(捆扎部分)	Fe-2Ni-0.2C, 7.4~7.8 g/cm ³ 渗碳、淬火	耐磨
	凸轮板(捆扎部分)	Fe-2Cu, 7.0~7.4 g/cm ³ 渗碳、淬火	耐磨, 弯齿强度高
	调节器套管	Fe-1.5Cu-0.4C, 6.7~7.0 g/cm ³ , 水蒸气处理	耐磨
	调节器平衡重	Fe-1.5Cu-0.4C, 6.7~7.0 g/cm ³ , 渗碳、淬火	耐磨
	油泵齿轮	Fe-2Cu, 7.2~7.5 g/cm ³ 渗碳、淬火	耐磨 弯齿强度高
割草机与链锯用发动机离合器零件	离合器毂	Fe-20Cu-0.4C, 7.0~7.6 g/cm ³ , 渗碳、淬火	耐磨
	离合器毂	Fe-2Cu, 7.0~7.4 g/cm ³ 渗碳、淬火	耐磨
	离合器靴	Fe-2Cu, 7.0~7.4 g/cm ³ 渗碳、淬火	耐磨
	离合器靴	Fe-20Cu-0.4C, 7.0~7.6 g/cm ³ , 渗碳、淬火	耐磨
农业汽车	差速器齿轮	Fe-2Ni-0.4C, 7.7~7.9 g/cm ³ 渗碳、淬火	弯齿强度高
汽油机	螺旋齿轮(凸轮轴驱动用)	Fe-Ni-Mo-C, 7.0 g/cm ³ 渗碳、淬火	
柴油机	曲轴齿轮	Fe-Cu-C, 6.6 g/cm ³ 渗碳, 淬火	耐磨

	凸轮轴齿轮	Fe-Cu-C, 6.6 g/cm ³ 渗碳, 淬火	耐磨
--	-------	--	----

表 9-3-39 电动工具中的烧结零件例

电动工具名称	零件名称	材料	特点
手电钻	轴套	Cu-Sn, 6.6~7.2g/cm ³	自润滑
	轴套	Fe, 5.6~6.2 g/cm ³	自润滑
	联轴节	Fe-2Cu-0.7C, 6.7~7.0g/cm ³ , 高频淬火	耐磨 (螺纹部)
	正齿轮	Fe-2Cu-0.7C, 6.7~7.0g/cm ³	耐磨
	斜齿轮	Fe-2Cu-0.7C, 6.7~7.0g/cm ³	耐磨
	斜齿轮-(A) 螺母	Fe-2Cu-0.7C, 6.7~7.0 g/cm ³ 于树脂中嵌 Fe-2Cu-0.7C, 6.8~7.1 g/cm ³ 渗碳, 淬火	耐磨、绝缘性好 耐磨
振动钻	变换器	Fe-1.5Cu-0.4C, 6.2~6.6g/cm ³ , 渗碳, 淬火	耐磨
	棘轮	Fe-2Cu, 7.0~7.4g/cm ³ , 渗碳、淬火	耐磨
	止动件	Fe-1.5Cu-0.4C, 6.2~6.6g/cm ³ , 水蒸气处理	
	轴套	Cu-Sn, 6.6~7.0g/cm ³	自润滑
	轴套	Fe, 5.6~6.2g/cm ³	自润滑
电刨	轴套	Cu-Sn, 6.6~7.2g/cm ³	自润滑
	轴套	Fe, 5.6~6.2g/cm ³	自润滑
	皮带轮-C	Fe-1.5Cu-0.4C, 6.2~6.6g/cm ³ , 水蒸气处理	耐磨
	皮带轮-B 皮带轮-A	Fe-1.5Cu-0.4C, 6.2~6.6g/cm ³ , 水蒸气处理 Fe-1.5Cu-0.4C, 6.2~6.6g/cm ³ , 水蒸气处理	耐磨 耐磨
电圆锯	垫圈	Fe-1.5Cu-0.4C, 6.7~7.0g/cm ³ , 水蒸气处理	抗压强度高
	垫圈	Fe-2Cu-0.7C, 6.7~7.0g/cm ³ , 水蒸气处理	抗压强度高
电坐标锯	齿轮	Fe-2Cu-0.7C, 6.7~7.0g/cm ³ , 渗碳, 淬火	耐磨
	平衡锤	Fe-2Cu, 7.0~7.4g/cm ³ , 渗碳, 淬火	耐磨
	齿轮座	Fe-1.5Cu-0.4C, 6.2~6.6g/cm ³ ,	
台钻	齿轮	Fe-2Cu-0.7C, 6.7~7.0g/cm ³ ,	耐磨
	斜齿轮	Fe-2Cu-0.7C, 6.7~7.0g/cm ³ ,	耐磨

表 9-3-40 业务机械中的烧结零件例

机械名称	零件名称	材料	特点
复印机	齿轮	Fe-1.5Cu-0.4C, 6.2~6.6 g/cm ³ , 水蒸气处理	耐磨
	扫描凸轮	Fe-1.5Cu-0.4C, 6.2~6.6 g/cm ³ , 水蒸气处理	
	导轨	Fe-1.5Cu-0.4C, 6.2~6.6 g/cm ³ , 磷化处理	耐磨
	手把托架	Fe-20Cu-0.4C, 7.0~7.6 g/cm ³ , 水蒸气处理	强度高
	加压杆	Fe-2Cu-0.7C, 6.7~7.0 g/cm ³ , 镀镍	耐蚀
	皮带轮	Fe-1.5Cu-0.4C, 6.2~6.6 g/cm ³ , 水蒸气处理	耐磨
	链轮	Fe-2Cu-0.7C, 6.7~7.0 g/cm ³ , 高频淬火	耐磨
	棘轮	Fe-2Cu-0.7C, 6.7~7.0 g/cm ³ , 水蒸气处理	耐磨
	杆	Fe-2Cu-0.4C, 6.2~6.6 g/cm ³ ,	
	向前扇形齿轮	Fe-1.5Cu-0.4C, 6.2~6.6 g/cm ³ , 水蒸气处理	耐磨
	空载链轮	Fe-2Cu-0.7C, 6.7~7.0 g/cm ³ , 水蒸气处理	耐磨
	环	Fe-2Cu-0.7C, 6.7~7.0 g/cm ³ , 高频淬火, 磷化处理	横向断

	前(后)支撑销 轴承座	Fe-1.5Cu-0.4C,6.2~6.6 g/cm ³ ,水蒸气处理 Fe-1.5Cu-0.4C,6.2~6.6 g/cm ³ ,水蒸气处理	裂强度高,耐磨
影像机械	磁罩 纹盘飞轮 齿轮	Fe,6.35~6.75 g/cm ³ ,水蒸气处理 Fe,6.35~6.75 g/cm ³ ,水蒸气处理 Fe-1.5Cu-0.4C,6.2~6.6 g/cm ³ ,	磁性 磁性

第四章 W-Cu 合金生产新技术新工艺及质量检验

第一节 粉末混合质量对于 W-Cu 合金烧结行为的影响

表 9-4-1 6 种粉末混合料的特性

No.	混合条件	Cu 含量 (体积 分数) /%	混合程度/%		孔隙度/%		收缩(Δ V/V) /%
			M ₁	M:	预烧	烧结	
1	W 和 Cu 同时倒入氧化 铝容器	16.2	93	84	32.1	31.9	0.1
2	滚筒混合器, 2min	15.5	82	89	33.0	32.1	0.7
3	滚筒混合器, 10min	14.8	73	92	32.6	30.5	2.6
4	行星球磨机, 20min	16.1	60	96	32.9	27.5	5.1
5	50%NO.4+50%NO.6, 滚筒混合器, 10min	16.3	45	97.5	31.8	24.2	7.2
6	使用真空蒸发技术用 Cu 涂覆的 W 粉	15.0	26	100	30.3	20.5	9.8

第三节 添加金属钴的 W-Cu 合金

表 9-4-2 钨粉特性

特性	原料	球磨后
粒度分布		
D ₁₀ /μ m	1.8	0.5
D ₅₀ /μ m	5.1	1.1
D ₉₀ /μ m	16.4	2.8
BET 比表面积/m ² · g ⁻¹	0.65	0.80
振实密度/g · cm ⁻³	4.5	6.2
安息角/(°)	48	41

表 9-4-3 铜粉特性

特性	4 种原料 Cu 粉			
	1	2	3	4
粒度分布				
D ₁₀ /μ m	1.3	8.2	14.4	16.7
D ₅₀ /μ m	3.6	12.5	30.4	37.9
D ₉₀ /μ m	5.5	19.2	64.3	60.3
比重瓶密度/g · cm ⁻³	8.8	8.8	8.8	8.1
松装密度/g · cm ⁻³	3.7	3.8	1.7	3.6

氧含量/%	0.33	0.26	0.30	0.47
-------	------	------	------	------

第四节 共球磨 W-Cu 粉末压坯的烧结

表 9-4-4 钨粉和铜粉的特性

特性	Cu 粉	W 粉	
纯度/%	99.0	99.6	
尺寸分布/ μm		球磨前	球磨后
D10	8.5	1.6	0.8
D90	13.1	5.2	2.7
松装密度/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	4.2	4.5	3.4
振实密度/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	5.2	6.3	5.9
形状	球形	不规则	
尺寸分布/ μm		原料 W 粉	球磨后
D90	17.4	13.0	4.9
比重瓶密度/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	8.45	19.1	19.1
BET 比表面积/ $\text{m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$	0.42	0.65	1.37

表 9-4-5 在某些生成水量 x 下孔隙内压力 P 的值($T=873\text{K}, x \leq 0.50$)

生成水的 mol 数 x	P/Pa
0.10 (反应开始)	1.74
0.40	563
0.45	3070
0.49	93800
0.50 (完全反应)	9840000

第五节 机械合金化 W-Cu 粉末压坯的烧结

表 9-4-7 不同球磨时间的 MA W-Cu 粉末的化学成分/%

粉末	球磨时间/h	W	Cu	Fe	Cr	Ni	Mn
W-30Cu	5	70.76	29.12	0.065	0.046	0.008	<0.050
	15	71.16	28.70	0.090	0.047	0.007	<0.050
	25	72.08	27.68	0.168	0.058	0.008	0.002
	50	70.17	29.38	0.333	0.098	0.010	0.003
	100	70.42	28.85	0.572	0.133	0.018	0.006
W-20Cu	50	81.14	18.35	0.400	0.105	0.006	<0.003
	100	79.91	18.85	0.572	0.133	0.018	<0.003

第六节 共还原 W-Cu 氧化物粉末压坯的烧结

表 9-4-8 混合料 A 和 B 的制备条件及其性能

混合料	混合料组成	混合时间 /min	共还原温度 / $^{\circ}\text{C}$	松装密度 / $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	压缩性 (d_g/d_{app})
A	W 和 Cu 粉	60	852	3.69	2.80

B	WO ₃ 粉和Cu ₂ O粉	60	852	2.46	3.85
---	--------------------------------------	----	-----	------	------

表 9-4-9 混合料 A 和 B 所用的粉末及其性能

粉末	平均尺寸/ μm	松装密度/ $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$
WO ₃	<0.2	1.87
Cu ₂ O	<0.2	1.57
W	3.5	4.28
Cu	20	2.74

表 9-4-10 通过不同方法制备的试样的均匀化系数

试样设计	制备方法	成分/%		均匀化系数 HI
		W	Cu	
混合料 A	元素粉末混合,液相烧结	68.94	31.06	24.5
混合料 B	氧化物共还原,液相烧结	68.48	31.52	13.9
熔渗	使用铜熔渗钨的骨架	67.98	32.02	17.2

表 9-4-11 钨铜电触头的产品成分和性能

产品名称	代表符号	化学成分		性能				
		成分	含量/%	硬度(不小于)HB		密度(不小于) $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$	电阻率(不大于) $\mu\Omega\cdot\text{cm}$	横向断裂强度(不小于)/MPa
				软态	硬态			
钨铜 50	Cu-W50	Cu 杂质 W	50±1 <0.5 50±1	105	130	12.00	3.00	570
钨铜 60	Cu-W60	Cu 杂质 W	40±1 <0.5 60±1	115	160	12.80	3.50	600
钨铜 70	Cu-W70	Cu 杂质 W	30±1 <0.5 70±1	160	200	14.00	4.10	650
钨铜 80	Cu-W80	Cu 杂质 W	20±1 <0.5 80±1	180	220	15.10	5.20	700

表 9-4-12 钨铜电触头的化学成分与物理力学性能

触头产品名称	代表符号	化学符号	化学成分/%			物理力学性能			
			铜	杂质	钨	密度(不小于) $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$	电阻率(20℃)(电导率(IACS)(硬度(不小

					总 合 ≤			不大于/ $\mu\Omega \cdot \text{cm}$	不小 于)/%	于)H B
钨 铜 系 列	钨 铜 (50)	C CuW(50)	Cu-W(50)	50 ± 2. 0	0. 5	余 量	11.85	3.2	54	1128
	钨 铜 (55)	C CuW(55)	Cu-W(55)	45 ± 2. 0	0. 5	余 量	12.30	3.5	49	1226
	钨 铜 (60)	C CuW(60)	Cu-W(60)	40 ± 2. 0	0. 5	余 量	12.75	3.7	47	1373
	钨 铜 (65)	C CuW(65)	Cu-W(65)	35 ± 2. 0	0. 5	余 量	13.30	3.9	44	1520
	钨 铜 (70)	C CuW(70)	Cu-W(70)	30 ± 2. 0	0. 5	余 量	13.80	4.1	42	1716
	钨 铜 (75)	C CuW(75)	Cu-W(75)	25 ± 2. 0	0. 5	余 量	14.50	4.5	38	1912
	钨 铜 (80)	C CuW(80)	Cu-W(80)	20 ± 2. 0	0. 5	余 量	15.15	5.0	34	2158
	钨 铜 (85)	C CuW(85)	Cu-W(85)	15 ± 2. 0	0. 5	余 量	15.90	5.7	30	2354
	钨 铜 (90)	C CuW(90)	Cu-W(90)	10 ± 2. 0	0. 5	余 量	16.75	6.5	27	2550

表 9-4-13 钨铜电触头杂质含量

触头材料	杂质含量 (不大于) /%					
	Cu	Fe	C	SiO ₂	碱金属	其他

钨铜系列	—	0.10	0.15	0.05	0.10	0.10
------	---	------	------	------	------	------

表 9-4-14 整体触头导电端的铜及铜合金的化学成分及物理力学性能

触头元件名称	材料名称	化学符号	化学成分/%			物理力学性能				
			铜	杂质总合 ≤	添加物 ≤	电阻率 (20°C)(不大于)/ $\mu\Omega \cdot \text{cm}$	电导率 (IACS)(不小于)/%	密度(不小于)/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	布氏硬度 (硬态) ≥ /MPa	抗拉强度 ≥ /MPa
触指	铜	Cu	99.5	0.5	—	1.85	93	8.80	765	167
	铜合金	—	余量	0.5	1.2	2.10	82	8.70	961	2216
触头环	铜	Cu	99.5	0.5	—	1.85	93	8.80	588	—
	铜合金	—	余量	0.5	1.2	2.10	82	8.70	686	—

表 9-4-15 奥地利 Plansee 公司生产的钨铜材料的性能

材料牌号	成分/%	电导率 / $\text{MS} \cdot \text{M}^{-1}$	硬度 HV	材料牌号	成分/%	电导率 / $\text{MS} \cdot \text{M}^{-1}$	硬度 HV
K10VS	90W-10Cu	22	313±5	K10	90W-10Cu	20	280
K20VS	80W-20Cu	25	260	K20N ^①	80W-20Cu	14	210
K33VS	67W-33Cu	28	190±20	K33	67W-33Cu	27	165
				K40	60W-40Cu	29	140
				K50	50W-50Cu	33	120

①加入烧结添加剂 Ni

表 9-4-16 德国 DoDuCo 公司生产的真空钨铜材料的性能

材料牌号	成分/%	最大气体含量/ $\times 10^{-6}$	电导率/ $\text{MS} \cdot \text{M}^{-1}$	硬度 HV
W20CuV ^①	80W-20Cu	75	16	220
W35CuV ^①	65W-35Cu	75	23	150
W35CuSbV ^①	65W-35Cu+Sb	120	10~16	200~240

①加入烧结添加剂 Ni

表 9-4-17 国内目前生产的真空钨铜材料的性能

材料牌号	成分/%	最大气体含量/ $\times 10^{-6}$	电导率/ $\text{MS} \cdot \text{M}^{-1}$	硬度 HV
WCu10V	90W-10Cu	15	22	240~260
WCu15V	85W-15Cu	15	24	220~240
WCu10V ^①	90W-10Cu	120	14	260~280

①加入烧结添加剂 Ni

表 9-4-18 混合粉末直接烧结制取的真空钨铜材料的性能

材料牌号	成分/%	电导率/MS·M ⁻¹	热导率/W·M ⁻¹ ·k ⁻¹	硬度 HV
WCu10 ^①	90W-10Cu	16.5	140	415
WCu15 ^①	85W-15Cu	17.6	150	400
WCu20 ^①	80W-20Cu	18.8	160	350

①加入烧结添加剂 Ni

表 9-4-19 混合粉末直接烧结制取的真空钨铜材料的性能

材料牌号	成分/%	电导率/MS·M ⁻¹	热导率/W·M ⁻¹ ·k ⁻¹	硬度 HV
WCu5	95W-5Cu	18.6	171	375
WCu10	90W-10Cu	22.0	188	352
WCu15	85W-15Cu	24.0	197	333
WCu20	80W-20Cu	27.0	210	275
WCu25	75W-25Cu	29.0	225	281

第十篇 精密合金生产新工艺新技术及质量检验

表 10-1-1 几种常见软磁体材料性能

材料种类	初始磁导率/ μ_0	矫顽力 H _c /A·M ⁻¹	饱和磁感应 B _s /T	居里点/°C
Mn-Zn-800	800±200	<40	≥0.32	≥150
Mn-Zn-1000	1000±400	<40	≥0.3	≥120
Mn-Zn-6000	6000±1200	<16	0.32~0.5	≥120
Ni-Zn-200	200±40			≥300
Ni-Zn-60	60±10			≥350

第二节 高饱和磁感应强度非晶态软磁合金

表 10-1-2

种类	国际牌号	曾用牌号	相近牌号 Metglas(美国)
Fe ₇₉ Si ₅ B ₁₆	1K106	FJ-303	2605S-3
Fe ₇₂ Co ₈ Si ₅ B ₁₅	—	—	2605Co
Fe ₇₉ B _{15.5} Si _{3.5} C ₂	1K103	FJ-301z	2605SC
Fe ₈₂ B ₁₃ Si _{2.5} C _{2.5}	—	FJ-304	2605SC
Fe ₇₉ Si ₆ B ₁₅	1K106	FC-34	2605S-3
Fe ₈₂ B ₁₂ Si ₆	1K106	FC-31	2605S
2Cr-FeSiB	—	FC-32	2605S-3 ^a
Fe ₈₀ B ₁₆ Si ₄	1K106	FC-33	2605S-3
Fe ₇₈ (BSi) ₂₂	1K101	FC-35	2605S-2

表 10-1-3

种类	原子分数/%					去应力退火 (Ar 保护)		纵向磁场退火 (H=800 A/m, Ar 保护)	
	Fe	B	Si	C	Co	$\theta / ^\circ\text{C}$	t/h	$\theta / ^\circ\text{C}$	t/h
Fe ₇₉ Si ₅ B ₁₆	79	16.0	5.0	—	—	400	—	—	—
Fe ₇₂ Co ₈ Si ₅ B ₁₅	72	15.0	5.0	—	8	—	—	350	0.5
Fe ₇₉ B _{15.5} Si _{3.5} C ₂	79	15.5	3.0	2	—	400	—	400	—
Fe ₈₂ B ₁₃ Si _{2.5} C _{2.5}	82	13.0	2.5	2.5	—	—	—	370	1.0
Fe ₇₉ Si ₆ B ₁₅	79	15.0	6.0	—	—	—	—	450	0.5
Fe ₈₂ B ₁₂ Si ₆	82	12.0	6.0	—	—	400	1	—	—
2Cr-FeSiB	—	—	—	—	—	450	1	450	1.0
Fe ₈₀ B ₁₆ Si ₄	80	16.0	4.0	—	—	—	—	400	1.0
Fe ₇₈ (BSi) ₂₂	78	22.0(B+Si)		—	—	450	0.5	—	—

表 10-1-4

种类	T _x /°C	$\alpha / 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$	$\rho / (\text{g}/\text{cm}^3)$	$\rho / (\mu \Omega \cdot \text{m})$
Fe ₇₉ Si ₅ B ₁₆	494	4~5 (20~80°C)	7.30	1.30
Fe ₇₂ Co ₈ Si ₅ B ₁₅	491	5~6 (20~205°C)	7.57	1.20
Fe ₇₉ B _{15.5} Si _{3.5} C ₂	487	<1.0 (20~125°C)	7.30	1.30
Fe ₈₂ B ₁₃ Si _{2.5} C _{2.5}	489	<1.0 (20~125°C)	7.32	1.25
Fe ₇₉ Si ₆ B ₁₅	512	4~5 (20~180°C)	7.24	1.30
Fe ₈₂ B ₁₂ Si ₆	516	—	7.21	1.25
2Cr-FeSiB	498	—	7.25	1.60
Fe ₈₀ B ₁₆ Si ₄	440	4~5 (20~180°C)	7.21	1.25
Fe ₇₈ (BSi) ₂₂	550	4~5 (20~165°C)	7.20	1.25

表 10-1-5

种类	B _s /T	B/T	Br/T	Br/B m	H _c (A/ m)	$\mu / (\mu \text{H}/\text{m})$	M m/($\mu \text{H}/\text{m})$	$\lambda / 10^{-16}$	P/ (W/kg)	T _c / C	连续 工作 温度、 °C
Fe ₇₉ Si ₅ B ₁₆	1.66	—	—	0.01 -0.0 4	7.2~ 8.0	—	7290 0	—	—	44 9	-40 ~ 140
Fe ₇₂ Co ₈ Si ₅ B ₁₅	1.710. 92	—	1.4	0.9	4.0	—	3000 00	≈ 30	P _{10/400} = 2	46 7	-50 ~ 140
Fe ₇₉ B _{15.5} Si 3.5C ₂	1.61	—	—	0.92	2.4	490 0	3890 00	10 ~ 30	—	42 0	-40 ~ 140
Fe ₈₂ B ₁₃ Si _{2.5} C _{2.5}	1.6	—	1.2	0.75	4.0	—	2500 00	—	P _{10/400} = 1.5	35 3	-50 ~ 140

											140
Fe ₇₉ Si ₆ B ₁₅	1.58	1.35	1.10	—	3.2	—	—	≈ 27	P _{10/20K} = 10 P _{10/50} =0 .1	40 5	-40 ~ 140
Fe ₈₂ B ₁₂ Si ₆	1.67	—	0.4	—	4.8	V	2140 00	≈ 30	—	43 0	< 120
2Cr-FeSiB	1.54	1.3(磁退火)	0.87(磁退) 0.48(退火)	V	3.2(磁退火) 5.6(退火)	—	V	≈ 20	P _{10/50} =0 .12 P _{10/400} = 1.4 P _{2/20K} = 12	34 2	-50 ~ 140
Fe ₈₀ B ₁₆ Si ₄	1.62	—	0.44	—	8.0	—	—	≈ 30	P _{2/10K} = 7.5 P _{2/20K} = 18	35 8	-50 ~ 120
Fe ₇₈ (BSi) ₂₂	1.58	V	0.96	V	7.2	—	—	≈ 27	P _{10/50} < 0.14 P _{10/400} =2 .2	41 5	-50 ~ 140

表 10-1-6

种类	σ /MPa	E/GPa	HV
Fe ₈₂ B ₁₃ Si _{2.5} C _{2.5}	>685	161	1050
Fe ₇₈ (BSi) ₂₂	>1470	157	900
Fe ₇₉ Si ₆ B ₁₅	>1470	161	900
Fe ₇₂ Co ₈ Si ₅ B ₁₅	>1470	157	1020

表 10-1-7 硬磁材料性能的比较

材料	最大磁能积/Kt · a · m ⁻¹	剩磁感应强度/T	矫顽力/KA · m ⁻¹
Al-Ni-Co	84	1.04	1218
BaO · Fe ₂ O ₃	28	0.4	192
SmCo ₅	128~160	0.21	720
Fe-Cr-Co	40	1.3	56
Nd ₁₅ Fe ₇₇ B ₃	232	1.23	768

表 10-1-8 铝-镍-钴材料的最大磁能积

材料	最大磁能积/Kt · a · m ⁻¹
理论推算值	240~280
实验室数据 多晶 AlNiCo 合金	97.6~100.8
单晶 AlNiCo 合金	107.2
生产数据 铸 AlNiCo5-7	60
铸 AlNiCo9	84

表 10-1-9 实验室制取的稀土-钴磁体的最高性能

合金系	生产方法	最大磁能积 /Kt · a · m ⁻¹	剩磁感 应强度 /T	矫顽力 /KA · m ⁻¹	最大磁能 积(理论 值)/Kt · a · m ⁻¹
Rco5 系					
SmCo ₅	液相烧结	192			400
SmCo ₅	压制, 聚合物粘结	96	0.71	>480	
(Sm, Pr)Co ₅	液相烧结	128	1.03	1320	
CeCo ₃		68	0.6	272	112
MMCo ₃		68			
Sm-MM-Co ₃		160			
RCo ₁₇ 系					480
Sm ₂ (Co _{0.9} , Fe _{0.1}) ₁₇	粉末浸蚀, 爆炸, 压制	160	0.9	520	
Sm ₂ (Co, Fe, Tm) ₁₇	烧结(析出, 时效)	240	1.1	560	

表 10-1-10 烧结 Nd₁₅(Fe_{1-x}Co_x)₇₇B₈ 磁体的磁性能

成分	剩磁感应强度 /T	矫顽力/KA · m ⁻¹	最大磁能积 /Kt · a · m ⁻¹	居里温度/K
Nd ₁₅ Fe ₇₇ B ₈	1.23	960	184.8	585
Nd ₁₅ (Fe _{0.9} Co _{0.1}) ₇₇ B ₈	1.23	800	184.8	671
Nd ₁₅ (Fe _{0.8} Co _{0.2}) ₇₇ B ₈	1.21	820	165.6	740