

Chapter VI Non-ferrous metals and alloys

§ 6-1 Aluminum and aluminum alloy

6.1.1 Commercially pure aluminum

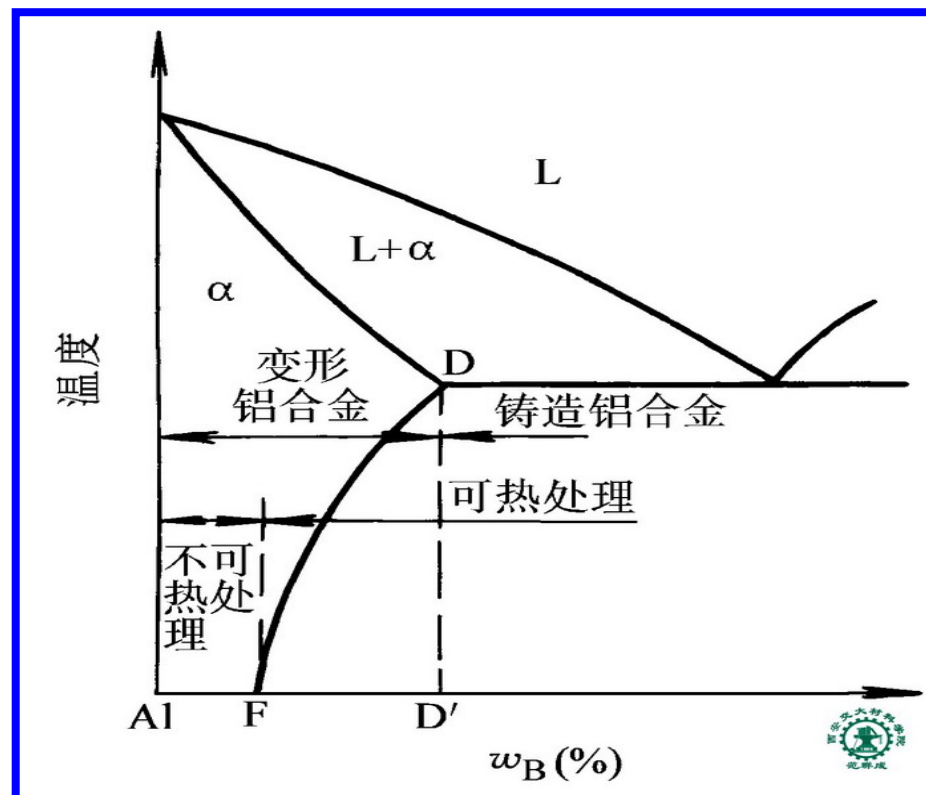
1. Feature of commercially pure aluminum
2. Tradename of commercially pure aluminum
1××× 1A99 1B99 1070 1235
3. The use of commercially pure aluminum

THE END

6.1.2 Aluminum alloy

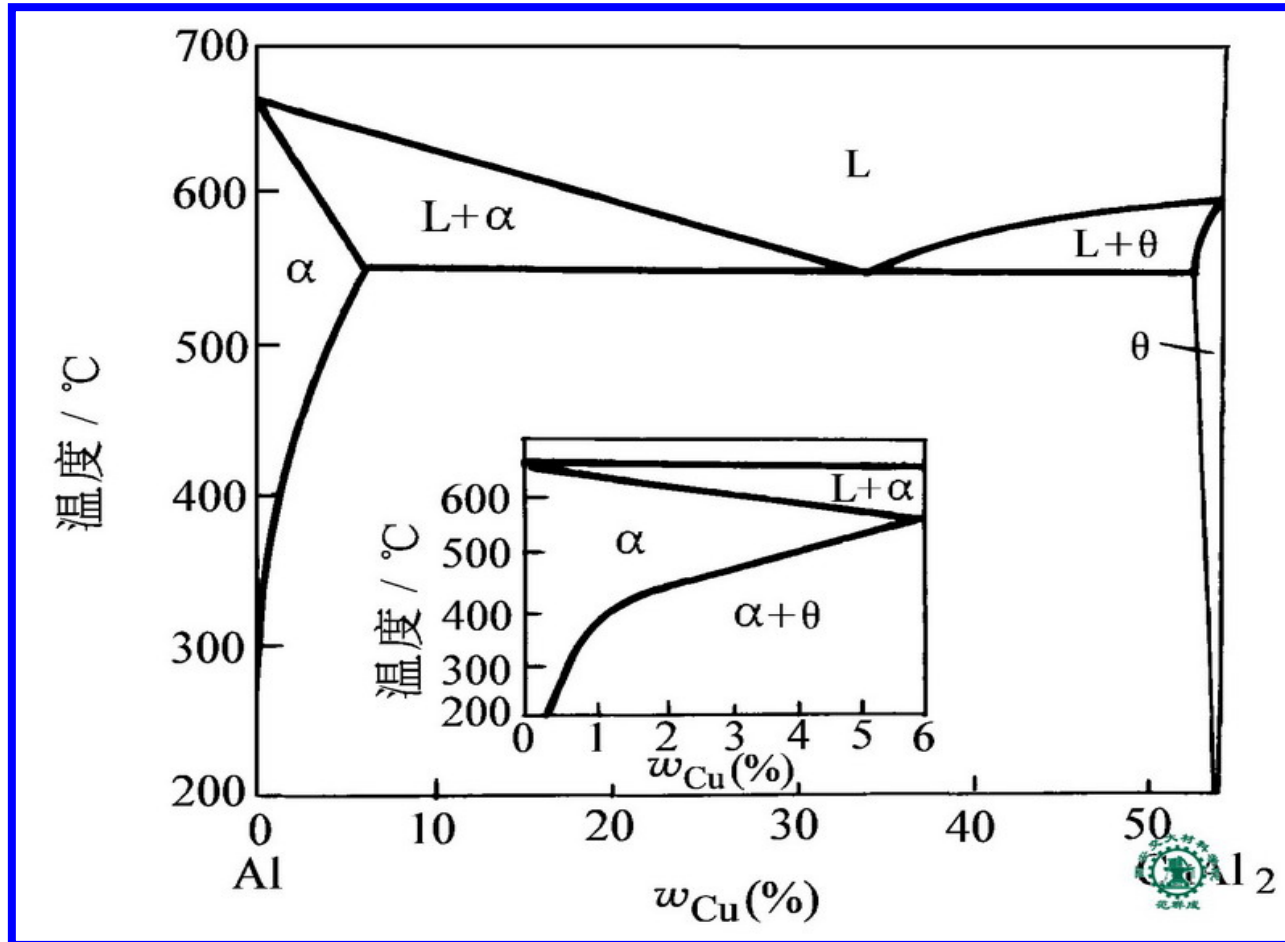
1. Classification and main ways to strengthening of aluminum alloy
 - 1) Classification of aluminum alloy

A general form of aluminum alloy diagram



THE END

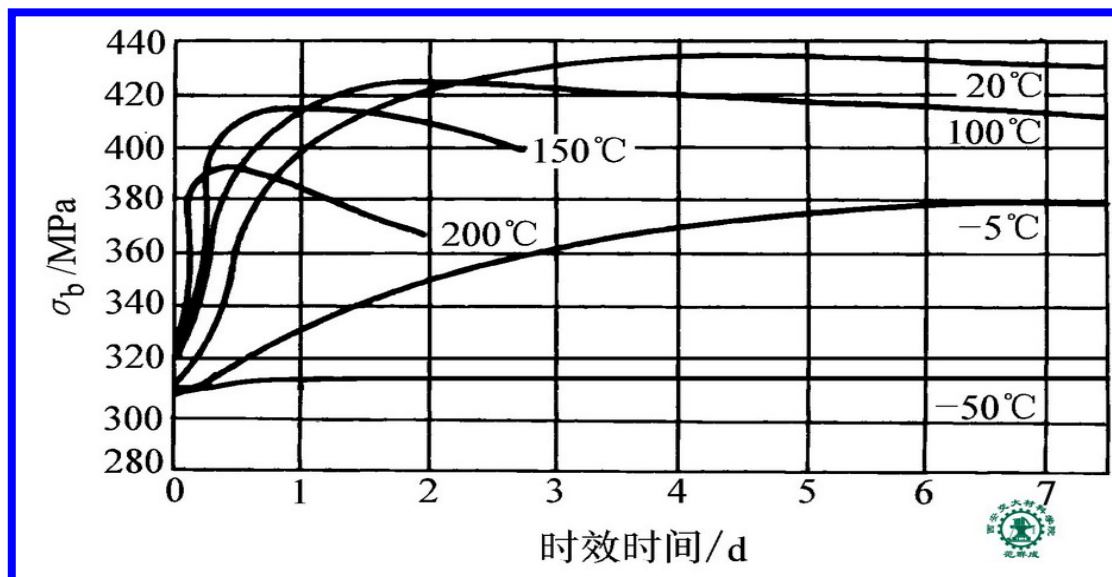
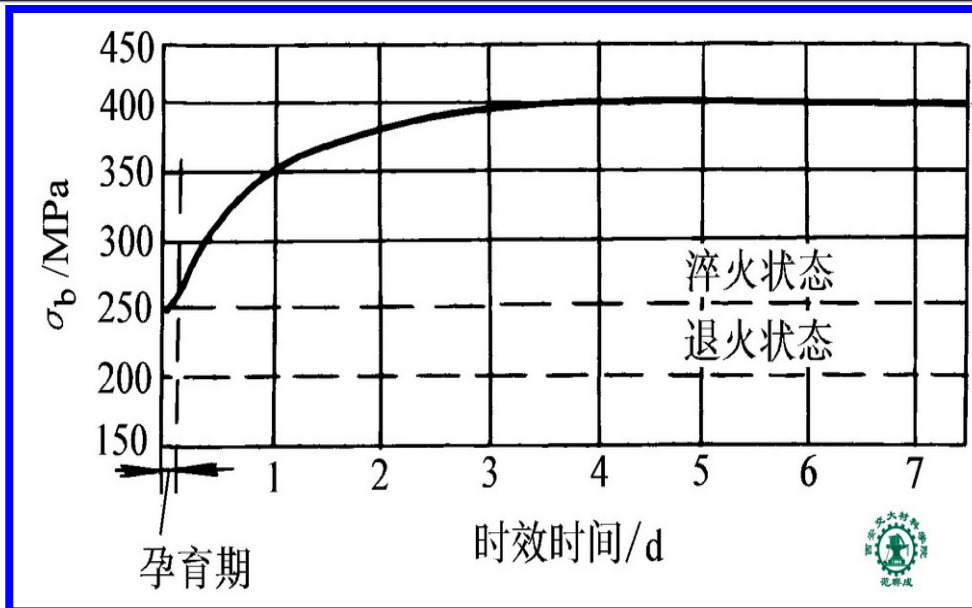
- 2) Main ways to strengthening of aluminum alloy
 (1) Aging strengthening of aluminum alloy



THE END

The Al end of Al-Cu phase diagram

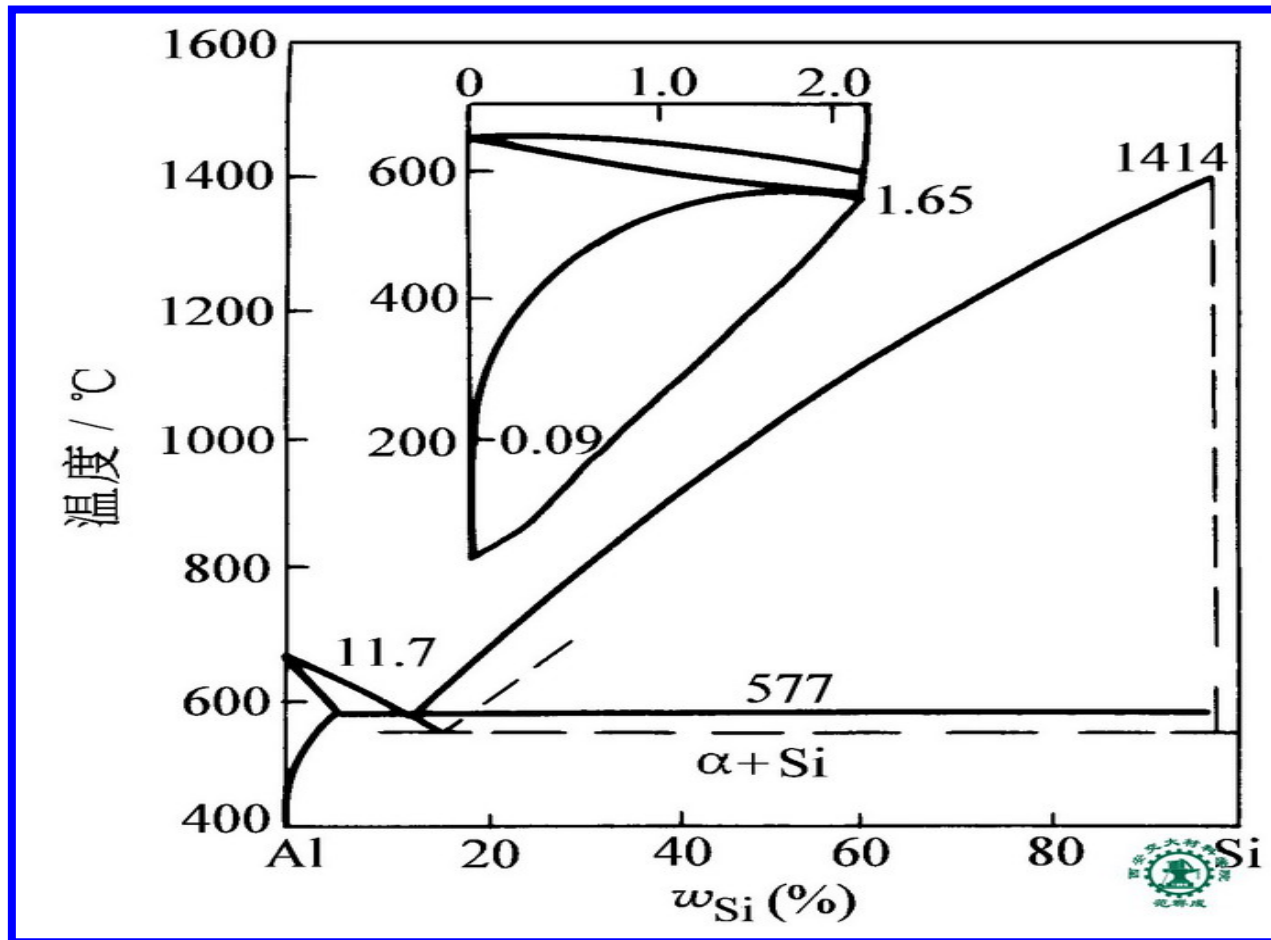
The curve of nature aging of aluminum alloy of $w_{Cu} = 4\%$



The curves of aging at different temperatures of aluminum alloy of $w_{Cu} = 4\%$

THE END

(2) Fine grain strengthening of aluminum and aluminum alloys

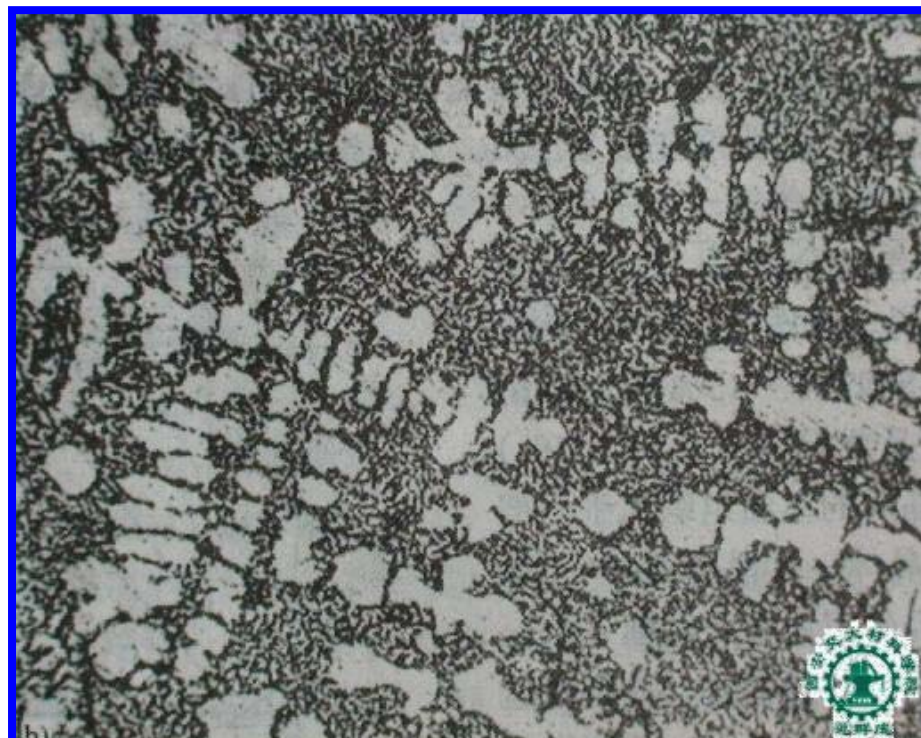


THE END

The Al-Si phase diagram



a) 变质前×150



b) 变质后×350

The microstructure of ZAlSi12 in the casting state

THE END

2. Deforming aluminum alloy

表 6-1 常用变形铝合金的牌号、化学成分、力学性能及用途举例 (GB/T 3190—1996)

组别	牌号 (旧牌号)	化学成分 ω (%)						半成 品状 态 ^①	力学性能 ^② (不小于)			用 途
		Si	Cu	Mn	Mg	Zn	其他		σ_b /MPa	$\sigma_{0.2}$ /MPa	δ_{10} (%)	
铝铜 合金	2A01 (LY1)	0.50	2.20~3.00	0.20	0.20~0.50	0.10	Fe0.5 Ti0.15	线材 CZ	300	—	24	工作温度不超过 100℃ 的结构用中等强度铆钉
	2A11 (LY11)	0.70	3.80~4.80	0.40~0.80	0.40~0.80	0.30	Fe0.70 Ti0.15	线材 CZ	363~ 373	177~ 196	15	中等强度的结构零件, 如骨架、模锻的固定接头、支柱、螺旋桨叶片、局部微粗的零件、螺栓和铆钉
	2A12 (LY12)	0.50	3.80~4.90	0.30~0.90	1.20~1.80	0.30	Fe0.50 Ni0.10	板线 CZ	407~ 427	270~ 275	11~ 13	高强度的结构零件, 如骨架、蒙皮、隔框、肋、梁、铆钉等 150℃ 以下工作的零件
	2A14 (LD10)	0.60~1.20	3.90~4.80	0.40~1.00	0.40~0.80	0.30	Fe0.70 Ti0.15	板线 CS	420	330	5	承受重载荷的锻件和模锻件
	2A50 (LD5)	0.70~1.20	1.80~2.60	0.40~0.80	0.40~0.80	0.30	Fe0.70 Ni0.10 Ti0.15	板线 CS	420	330	7	形状复杂中等强度的锻件及模锻件
	2A70 (LD7)	0.35	1.90~2.50	0.20	1.40~1.80	0.30	Fe0.90~1.50 Ni0.90 Ti0.02~0.10	板线 CS	415	270	13	内燃机活塞在高温下工作的复杂锻件, 板材可作高温下工作的结构件
铝锰 和金	3A21 (LF21)	0.60	0.20	1.00~1.60	—	0.10	Fe 0.70	板材 M	95~ 147	—	18~ 22	焊接油箱、油管、铆钉以及轻载荷零件及制品
铝镁 合金	5A05 (LF5)	0.50	0.10	0.30~0.60	4.80~5.50	0.20	Fe 0.50	板材 M	280	150	15	焊接油箱、油管、焊条、铆钉以及中载荷零件及制品
	5B05 (LF10)	0.40	0.20	0.20~0.60	4.70~5.70	—	Fe 0.40 Ti 0.15	板材 M	280	150	15	焊接油箱、油管、焊条、铆钉以及中载荷零件及制品
铝锌 合金	7A04 (LC4)	0.50	1.40~2.00	0.20~0.60	1.80~2.80	5.00~ 7.00	Fe 0.50 Cr 0.10~0.25	板材 CS	481~ 490	402~ 412	7	结构中主要受力件, 如飞机大梁、桁架、加强框、蒙皮接头及起落架
	7A09 (LC9)	0.50	1.20~2.00	0.15	2.00~3.00	5.10~ 6.10	Fe 0.50 Cr 0.16~0.30 Ti 0.10	板材 CS	481~ 490	412~ 422	7	结构中主要受力件, 如飞机大梁、桁架、加强框、蒙皮接头及起落架
铝锂 合金	8090	0.20	1.00~1.60	0.10	0.60~1.30	0.25	Li 2.20~2.27 Ti 0.10 Zr 0.04~0.16	板材 CS	—	—	—	飞机结构件、火箭和导弹壳体、燃料箱等

① M——包铝板材退火状态; CZ——包铝板材淬火自然时效状态; CS——包铝板材淬火人工时效状态。

② 力学性能主要摘自 GB/T 3880—1997。

1) Classification and tradename of deforming aluminum alloy

Al-Cu alloy	2×××	2A01(LY1)	2A50(LD5)
Al-Mn alloy	3×××	3A21(LF21)	
Al-Si alloy	4×××		
Al-Mg alloy	5×××	5A05(LF5)	5B05(LF10)
Al-Mg-Si alloy	6×××		
Al-Zn alloy	7×××	7A04(LC4)	

2) The feature in property of deforming aluminum alloy

3) The use of deforming aluminum alloy

THE END

3. Casting aluminum alloy

表 6-3 常用铸造合金的代号、成分、力学性能及用途 (GB/T 1173-1995)

类别	牌号	代号	化学成分 ω (%)						力学性能 (不低于)					用途	
			Si	Cu	Mg	Mn	其他	Al	铸造方法	热处理	σ_b /MPa	δ (%)	HBS		
硅铝合金	ZAlSi12	ZL 102	10.0~13.0						余量	SB JB SB J	F F T2 T2	143 153 133 143	4 2 4 3	50 50 50 50	形状复杂的零件, 如飞机、仪器零件、抽水机壳体
	ZAlSi9Mg	ZL 104	8.0~10.5		0.17~0.30	0.2~0.5			余量	J J	T1 T6	192 231	1.5 2	70 70	工作温度为 230℃ 以下形状复杂的零件, 如电动机壳体、气缸体
	ZAlSi5Cu1Mg	ZL 105	4.5~5.5	1.0~1.5	0.40~0.60				余量	J J	T5 T7	231 173	1.5 1	70 65	工作温度为 250℃ 以下形状复杂的零件, 如风冷发动机的气缸头、机匣、液体泵壳体
	ZAlSi7Cu4	ZL 107	6.5~7.5	3.5~4.5					余量	SB J	T6 T6	241 271	2.5 3	90 100	强度和硬度较高的零件
	ZAlSi12Cu1Mg1Ni1	ZL 109	11.0~13.0	0.5~1.5	0.8~1.3		Ni0.8~1.5		余量	J J	T1 T6	192 241	0.5 —	90 100	较高温度下工作的零件, 如活塞
	ZAlSi9Cu2Mg	ZL 1011	8.0~10.0	1.3~1.8	0.4~0.6	0.10~0.35	Ti0.10~0.35		余量	SB J	T6 T6	251 310	1.5 2	90 100	活塞及高温下工作的其他零件
铝铜合金	ZAlCu5Mn	ZL 201		4.5~5.3		0.6~1.0	Ti0.15~0.35		余量	S S	T4 T5	290 330	3 4	70 90	砂型铸造工作温度为 175~300℃ 的零件, 如内燃机的气缸头、活塞
	ZAlCu4	ZL 203		4.0~5.0					余量	J J	T4 T5	202 222	6 3	60 70	中等负荷、形状比较简单的零件
铝镁合金	ZAlMg10	ZL 301			9.5~11.5				余量	S	T4	280	9	20	大气或海水中工作的零件, 承受冲击载荷、外形不太复杂的零件, 如舰船配件、氨用泵体等
	ZAlMg5Si1	ZL 303	0.8~1.3		4.5~5.5	0.1~0.4			余量	S, J	F	143	1	55	
铝锌合金	ZAlZn11Si7	ZL 401	6.0~8.0		0.1~0.3		Zn9.0~13.0		余量	J	T1	241	1.5	90	结构形状复杂的汽车、飞机、仪器零件, 也可制造日用品
	ZAlZn6Mg	ZL 402			0.5~0.65		Cr0.4~0.6 Zn5.0~6.5 Ti0.15~0.25		余量	J	T1	231	4	70	

注: J—金属模; S—砂模; B—变质处理; F—铸态; T1—人工时效; T2—退火; T4—固溶处理+自然时效; T5—固溶处理+不完全人工时效; T6—固溶处理+完全人工时效; T7—固溶处理+稳定化处理。

THE END

1) Classification and tradename of casting aluminum alloy

Al-Si system (ZL1××) ZLSi12 ZLSi9Mg

Al-Cu system (ZL2××) ZLCu5Mn

Al-Mg system (ZL3××) ZLMg5Si1

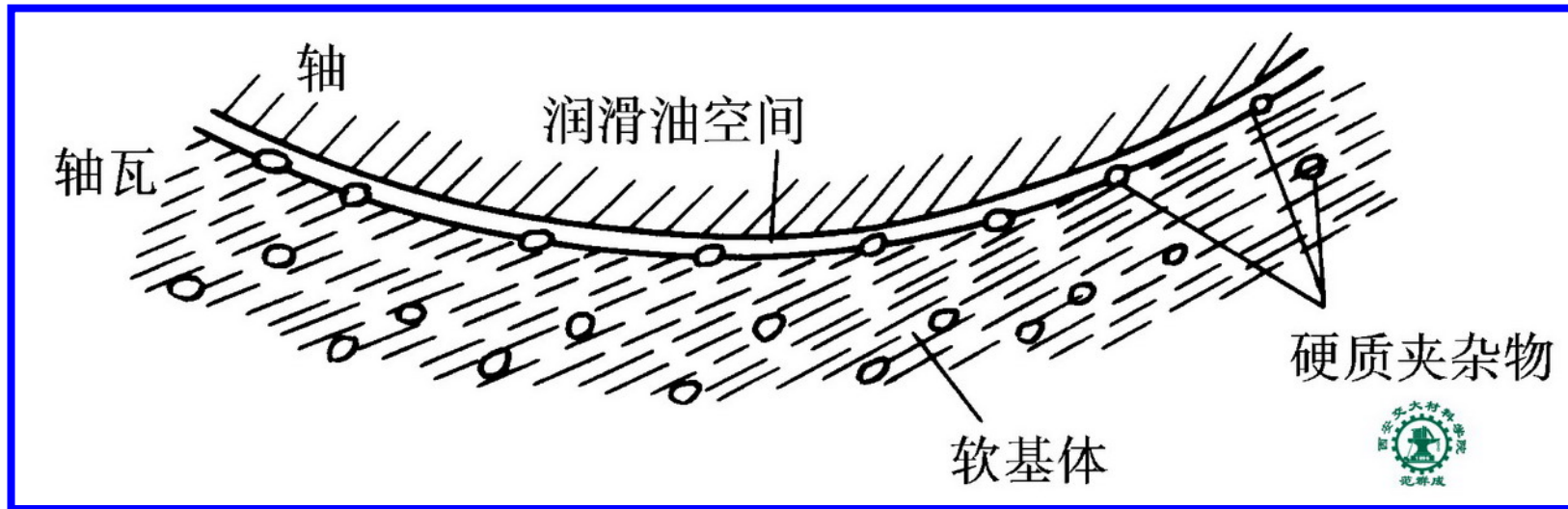
Al-Zn system (ZL4××) ZLZn11Si7

2) The feature in property of casting aluminum alloy

3) The use of casting aluminum alloy

THE END

§ 6-2 Sliding bearing alloy



The schematic of the interface between shaft and shaft tile with soft matrix and hard particles

- 6.2.1 Property requirement of sliding bearing alloy
- 6.2.2 Structural requirement of sliding bearing alloy
 - Soft matrix + Hard particles

THE END

6.2.3 The common sliding bearing alloys

表6-10 铸造轴承合金的牌号、成分、硬度和用途 (GB/T 1174-1992)

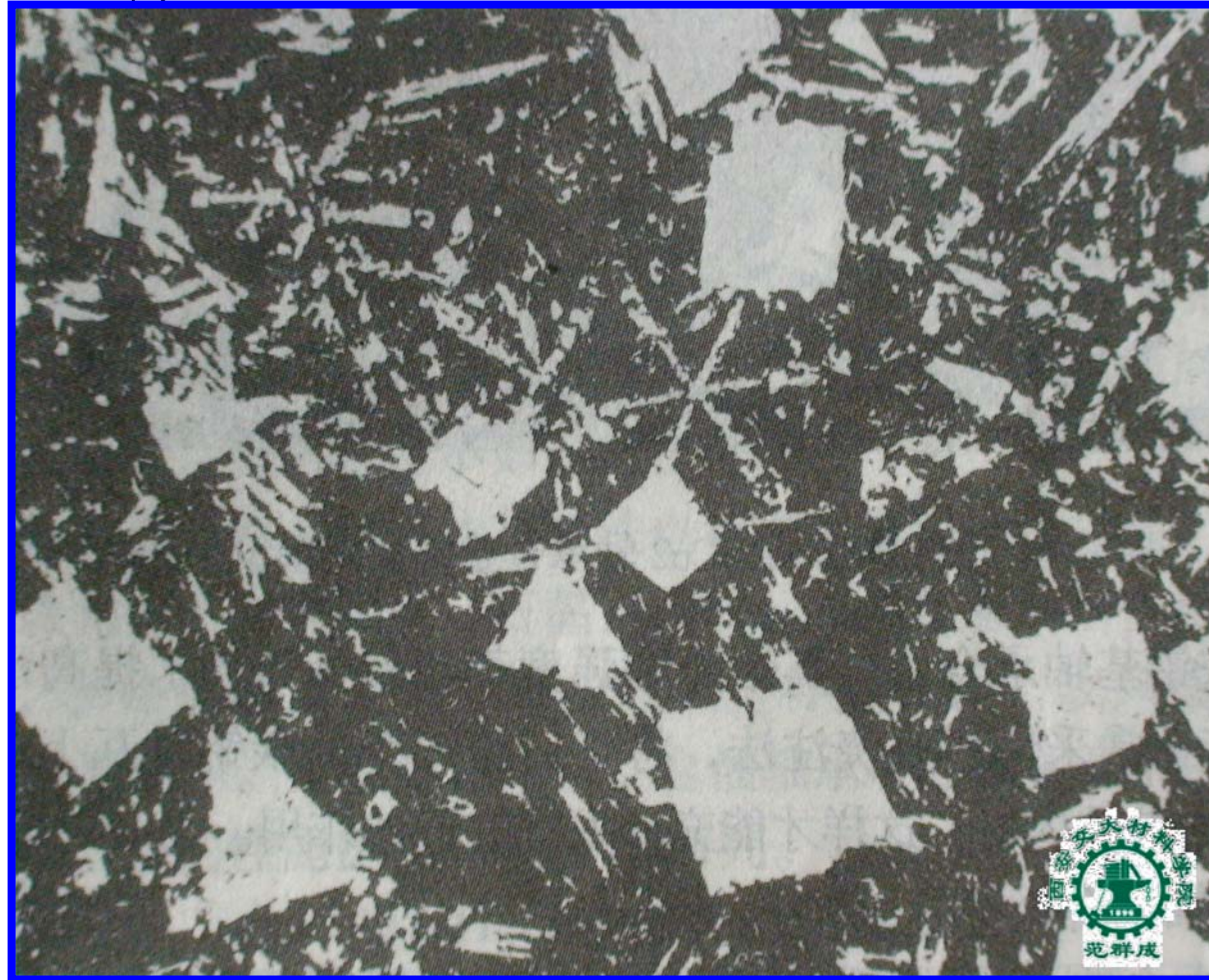
分类	牌号	化学成分 ω (%)									硬度 HBS (不小于)	主要用途举例
		Sn	Pb	Cu	Zn	Al	Sb	As	其他	杂质总量 (小于)		
锡基	ZSnSb12Pb10Cu4	其余	9.0 ~ 11.0	2.5 ~ 5.0	—	—	11.0 ~ 13.0	0.1	Fe0.1	0.55	29	性硬、耐压、适用于一般发动机的曲轴，但不适用于高温部件
	ZSnSb11Cu6	其余	0.35	5.5 ~ 6.5	—	—	10.0 ~ 12.0	0.1	Fe0.1	0.55	27	较硬，应较用于功率较大的高速汽轮机透平压缩机、高速内泵及高速轴承等
	ZSnSb8Cu4	其余	0.35	3.0 ~ 4.0	—	—	7.0 ~ 8.0	0.1	Fe0.1	0.55	24	韧性较ZSnSb4Cu4相同，适用于一般大型机械轴承及轴衬
	ZSnSb4Cu4	其余	0.35	4.0 ~ 5.0	—	—	4.0 ~ 5.0	0.1	—	0.50	20	耐蚀、耐热、耐磨，适用于汽轮机及内燃机高速轴承及轴衬
铅基	ZPbSb16Sn16 Cu2	15.0 ~ 17.0	其余	1.5 ~ 2.0	0.15	—	15.0 ~ 17.0	0.3	Bi0.1 Fe0.1	0.60	30	轻负荷高速轴衬，如汽车、轮船、发动机等
	ZPbSb15Sn5Cu3Cd2	5.0 ~ 6.0	其余	2.5 ~ 3.0	0.15	—	14.0 ~ 16.0	0.6 ~ 1.0	Cd1.75 ~ 2.25	0.40	32	重负荷柴油机轴衬
	ZPbSb15Sn10	9.0 ~ 11.0	其余	0.7 ~ 1.0	—	—	14.0 ~ 16.0	0.6	Bi0.1 Fe0.1	0.45	24	中负荷中速机械轴衬
	ZPbSb15Sn5	4.0 ~ 5.5	其余	0.5 ~ 1.0	0.15	—	14.0 ~ 15.5	0.2	Bi0.1 Fe0.1	0.75	20	汽车和拖拉机发动机轴衬
	ZPbSb10Sn6	5.0 ~ 7.0	其余	0.7 ~ 1.0	—	—	9.0 ~ 11.0	0.25	Bi0.1 Fe0.1	0.70	18	重负荷高速机械轴衬

THE END



铜基	ZCuSn5Pb5Zn5	4.0 ~ 6.0	4.0 ~ 9.0	其余	4.0 6.0	—	0.2 5	—	Ni2.5 Fe0.3	0.70	60	高强度，适用于中速及受较大固定载荷的轴承，如电动机、泵、机床用轴瓦
	ZCuSn10P1	9.0 ~ 11.5	0.2 5	其余	—	—	—	—	P0.5 ~ 1.0	0.70	90	
	ZCuPb15Sn8	7.0 ~ 9.0	1.3 ~ 1.7	其余	2.0	—	0.5 0	—	Ni2.0 Fe0.25	1.0	65	高耐磨性、高导热性，适用于高速、高温（350℃）、重负荷下工作的轴承，如航空发动机、高速柴油机等的轴瓦
	ZCuPb30	1.0	2.7 ~ 3.3	其余	—	—	0.2 0	—	Mn0.3	1.0	25	
	ZCuAl10Fe3	0.3	0.2	其余	0.4	8.5 ~ 1.0	—	Fe2.0 ~ 4.0	Ni3.0 Mn1.0	1.0	110	
铝基	ZAlSn6Cu1Ni1	5.5 ~ 7.0	—	0.7 ~ 1.3	—	其余	—	Fe0.7 Si0.7	Ni0.7 ~ 1.3	1.5	40	耐磨、耐热、耐蚀，适用于高速、重载发动机轴承

1. Sn-matrix and Pb-matrix sliding bearing alloys (babbitt alloy)



THE END

The microstructure of ZSnSb11Cu6 sliding bearing alloy



The microstructure of ZPbSb16Sn16Cu2 sliding bearing alloy

2. Cu-matrix sliding bearing alloy
3. The comparison between the properties of various sliding bearing alloys

表 6-11 各种轴承合金性能比较

种类	抗咬合性	磨合性	耐蚀性	耐疲劳性	合金硬度 HBS	轴颈处硬度 HBS	最大允许 压力/MPa	最高允许 温度/°C
锡基巴氏合金	优	优	优	劣	20~30	150	600~1000	150
铅基巴氏合金	优	优	中	劣	15~30	150	600~800	150
锡青铜	中	劣	优	优	50~100	300~400	700~2000	200
铅青铜	中	差	差	良	40~80	300	2000~3200	220~250
铝基合金	劣	中	优	良	45~50	300	2000~2800	100~150
铸铁	差	劣	优	优	160~180	200~250	300~600	150

THE END