

9. 鑄造用アルミニウム合金 -2 元系合金-

一般にアルミニウム合金は展伸材と鑄造材に分類される。今回は鑄造用アルミニウム合金の合金組成、状態図、熱処理による組織制御、物理的性質及び適用例を学習する。

9.1 鑄造用アルミニウム合金の分類

鑄造は、溶けた合金を鑄型に注湯して必要形状の製品の作製である。その工程は、原料を溶解後、注湯（鑄込み）し、鑄型をばらし、仕上げ研削加工となる。必要に応じて製品に熱処理を行うが、それは合金の組成に依存する（時効硬化性を示すか否か）。表 9.1 に実用鑄造 Al 合金の合金組成を示す。

表 9.1 実用鑄造用アルミニウム合金の化学組成 (wt.%) [1]

合金	Cu	Si	Mg	Zn	Fe	Mn	Ni	Ti	Pb	Sn	Cr	Al	
AC1A	4.0 ~5.0	1.2 以下	0.20 以下	0.30 以下	0.50 以下	0.30 以下	0.05 以下	0.25 以下	0.05 以下	0.05 以下	0.05 以下	残部	Al-Cu
AC1B	4.2 ~5.0	0.20 以下	0.15 ~0.35	0.10 以下	0.35 以下	0.10 以下	0.05 以下	0.05 ~0.30	0.05 以下	0.05 以下	0.05 以下	残部	
AC2A	3.0 ~4.5	4.0 ~6.0	0.25 以下	0.55 以下	0.8 以下	0.55 以下	0.30 以下	0.20 以下	0.15 以下	0.05 以下	0.15 以下	残部	Al-Si-Cu
AC2B	2.0 ~4.0	5.0 ~7.0	0.50 以下	1.0 以下	1.0 以下	0.50 以下	0.35 以下	0.20 以下	0.20 以下	0.10 以下	0.20 以下	残部	
AC3A	0.25 以下	10.0 ~13.0	0.15 以下	0.30 以下	0.8 以下	0.35 以下	0.10 以下	0.20 以下	0.10 以下	0.10 以下	0.15 以下	残部	Al-Si
AC4A	0.25 以下	8.0 ~10.0	0.30 ~0.6	0.25 以下	0.55 以下	0.30 ~0.6	0.10 以下	0.20 以下	0.10 以下	0.05 以下	0.15 以下	残部	Al-Si-Mg
AC4B	2.0 ~4.0	7.0 ~10.0	0.50 以下	1.0 以下	1.0 以下	0.50 以下	0.35 以下	0.20 以下	0.20 以下	0.10 以下	0.20 以下	残部	Al-Si-Cu
AC4C	0.25 以下	6.5 ~7.5	0.20 ~0.45	0.35 以下	0.55 以下	0.35 以下	0.10 以下	0.20 以下	0.10 以下	0.05 以下	0.10 以下	残部	Al-Si-Mg
AC4CH	0.20 以下	6.5 ~7.5	0.25 ~0.45	0.10 以下	0.20 以下	0.10 以下	0.05 以下	0.20 以下	0.05 以下	0.05 以下	0.05 以下	残部	
AC4D	1.0 ~1.5	4.5 ~5.5	0.40 ~0.6	0.30 以下	0.6 以下	0.50 以下	0.20 以下	0.20 以下	0.10 以下	0.05 以下	0.15 以下	残部	Al-Si-Cu-Mg
AC5A	3.5 ~4.5	0.6 以下	1.2 ~1.8	0.15 以下	0.8 以下	0.35 以下	1.7 ~2.3	0.20 以下	0.05 以下	0.05 以下	0.15 以下	残部	Al-Cu-Mg
AC7A	0.10 以下	0.20 以下	3.5 ~5.5	0.15 以下	0.30 以下	0.6 以下	0.05 以下	0.20 以下	0.05 以下	0.05 以下	0.15 以下	残部	Al-Mg
AC8A	0.8 ~1.3	11.0 ~13.0	0.7 ~1.3	0.15 以下	0.8 以下	0.15 以下	0.8 ~1.5	0.20 以下	0.05 以下	0.05 以下	0.10 以下	残部	Al-Si-Cu-Mg
AC8B	2.0 ~4.0	8.5 ~10.5	0.50 ~1.5	0.50 以下	1.0 以下	0.50 以下	0.10 ~1.0	0.20 以下	0.10 以下	0.10 以下	0.10 以下	残部	
AC8C	2.0 ~4.0	8.5 ~10.5	0.50 ~1.5	0.50 以下	1.0 以下	0.50 以下	0.50 以下	0.20 以下	0.10 以下	0.10 以下	0.10 以下	残部	
AC9A	0.50 ~1.5	22~24	0.50 ~1.5	0.20 以下	0.8 以下	0.50 以下	0.50 ~1.5	0.20 以下	0.10 以下	0.10 以下	0.10 以下	残部	
AC9B	0.50 ~1.5	18~20	0.50 ~1.5	0.20 以下	0.8 以下	0.50 以下	0.50 ~1.5	0.20 以下	0.10 以下	0.10 以下	0.10 以下	残部	

実用合金の組成は、Al-Cu (AC1A, AC1B), Al-Si (AC3A), Al-Mg (AC7A) 2 元系合金, Al-Si-Cu (AC2A, AC2B, AC4B), Al-Si-Mg (AC4A, AC4C, AC4CH), Al-Cu-Mg (AC5A) 3 元系合金及び Al-Si-Cu-Mg (AC8A, AC8B, AC8C, AC4D, AC9A, AC9B) 4 元系合金である。

9.2 展鑄造用アルミニウム 2 元系合金

実用鑄造アルミニウム合金の 2 元系の組成を持つものは、Al-Cu, Al-Si 及び Al-Mg である。Cu を 4.5w% 含む Al-Cu 2 元系合金である AC1A, AC1B は時効硬化能（第 6 回講義参照）を示すため、熱処理を施すと高い強度を示す。Al-Cu 2 元系状態図（図 9.1 (a)）から本合金の凝固経路は、液相(L) → L + α -Al → α -Al → α -Al + θ -Al₂Cu であることがわかる。

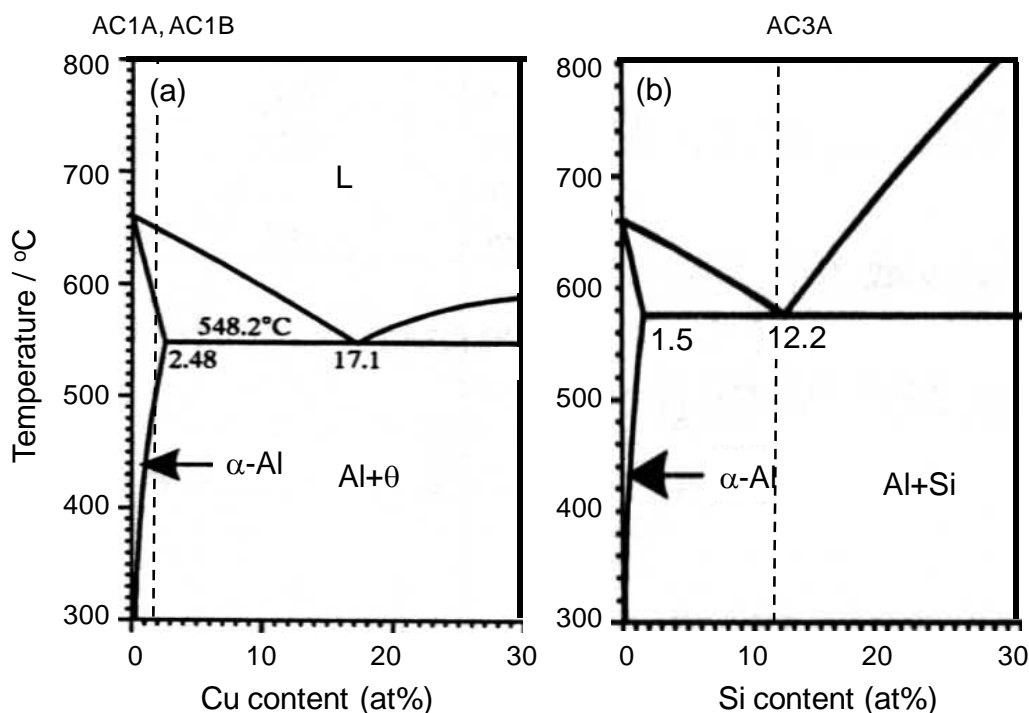


図 9.1 (a) Al-Cu 及び(b) Al-Si 2 元系状態図[2] に示した実用合金の化学組成

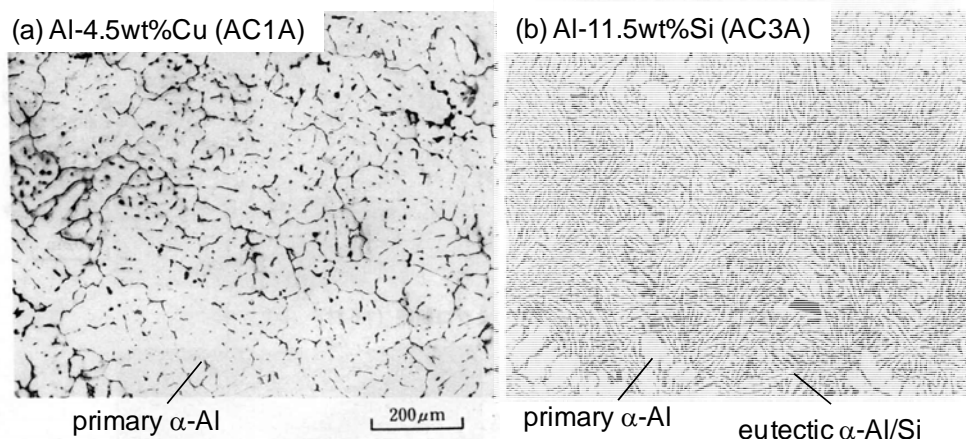


図 9.2 (a) Al-Cu 及び(b) Al-Si 2 元系合金の鑄造まま材の組織 [1]

鑄造ままの組織（図 9.2 (a)）は初晶（primary solidified phase） α -Al が大半を占めており，Cu が濃縮された最終凝固部に Al_2Cu が認められる．一方，Si を約 12w% 含む Al-Si 2 元系合金である AC3A は， α -Al+Si の共晶組成（eutectic composition）である．Al-Si 2 元系状態図（図 9.1 (b)）より，本合金の凝固経路は，液相(L) \rightarrow (L + α -Al) \rightarrow α -Al+Si であることがわかる．AC3A の鑄造ままの組織（図 9.2 (b)）において一部初晶 α -Al が認められるが，ほぼ α -Al/Si 共晶組織が占める．なお，本合金は鑄造性に優れ（溶融合金の湯流れ性が良い），シルミンと呼ばれる．

また Mg を 4.5w% 含む Al-Mg 2 元系合金である AC7A は，Mg の固溶強化によって比較的高い強度を示す（第 6 回講義参照）．Al-Mg 2 元系状態図（図 9.3）から本合金の凝固経路は，液相(L) \rightarrow L + α -Al \rightarrow α -Al \rightarrow α -Al + Al_3Mg_2 であることがわかる．実際の鑄造ままの組織（図 9.4）は初晶（primary solidified phase） α -Al がほとんどであり，Fe や Mn 等の不純物が濃縮された最終凝固部に化合物が認められる．

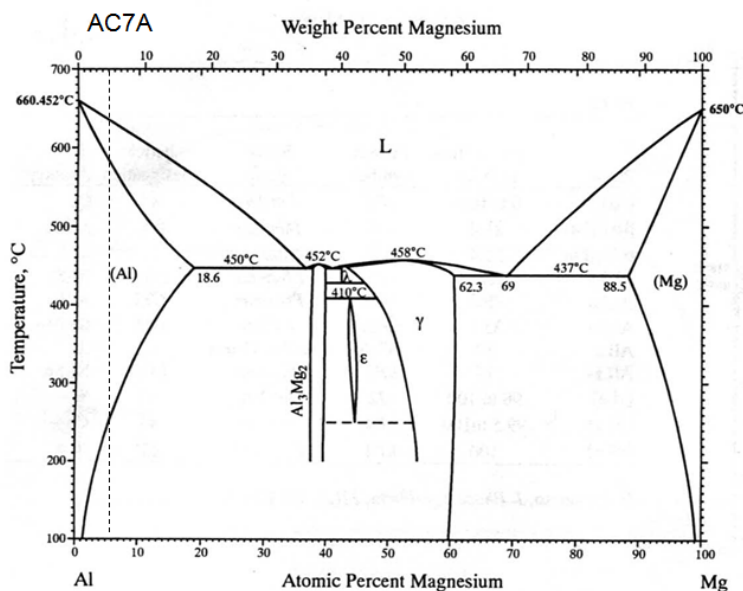


図 9.3 Al-Mg 2 元系状態図[2] に示した実用合金（AC7A）の化学組成

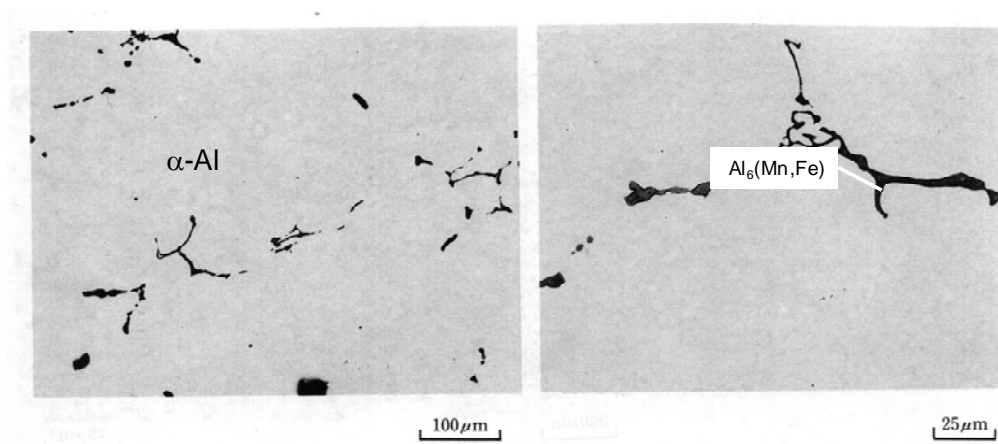


図 9.4 Al-Mg 2 元系合金（AC7A）の鑄造まま材の組織 [1]

以上のように鋳造合金の凝固組織は状態図によっておおまかには理解できる。これらの合金に熱処理を施す場合もあるため、その後の時効 (T6 処理) による組織変化も状態図を用いて理解することができる (第 6 回から第 8 回までの講義資料参照)。

表 9.2 実用鋳造用アルミニウム合金の熱処理条件 [1]

合金種類	質 別	記 号	溶体化処理		時効硬化処理	
			温度 ℃	時間 h	温度 ℃	時間 h
AC 1 A	溶体化処理	AC 1 A-T 4	約 515	約 10	—	—
	溶体化処理後時効硬化処理	AC 1 A-T 6	約 515	約 10	約 160	約 6
AC 1 B	溶体化処理	AC 1 B-T 4	約 515	約 10	—	—
	溶体化処理後時効硬化処理	AC 1 B-T 6	約 515	約 10	約 160	約 4
AC 2 A	溶体化処理後時効硬化処理	AC 2 A-T 6	約 510	約 8	約 160	約 9
AC 2 B	溶体化処理後時効硬化処理	AC 2 B-T 6	約 500	約 10	約 160	約 5
AC 4 A	溶体化処理後時効硬化処理	AC 4 A-T 6	約 525	約 10	約 160	約 9
AC 4 B	溶体化処理後時効硬化処理	AC 4 B-T 6	約 500	約 10	約 160	約 7
AC 4 C	時効硬化処理	AC 4 C-T 5	—	—	約 225	約 5
	溶体化処理後時効硬化処理	AC 4 C-T 6	約 525	約 8	約 160	約 6
	溶体化処理後時効硬化処理	AC 4 C-T 61	約 525	約 8	約 170	約 7
AC 4 CH	時効硬化処理	AC 4 CH-T 5	—	—	約 225	約 5
	溶体化処理後時効硬化処理	AC 4 CH-T 6	約 535	約 8	約 155	約 6
	溶体化処理後時効硬化処理	AC 4 CH-T 61	約 535	約 8	約 170	約 7
AC 4 D	時効硬化処理	AC 4 D-T 5	—	—	約 225	約 5
	溶体化処理後時効硬化処理	AC 4 D-T 6	約 525	約 10	約 160	約 10
AC 5 A	焼なまし	AC 5 A-O	約 350*	約 2*	—	—
	溶体化処理後時効硬化処理	AC 5 A-T 6	約 520	約 7	約 200	約 5
AC 8 A	時効硬化処理	AC 8 A-T 5	—	—	約 200	約 4
	溶体化処理後時効硬化処理	AC 8 A-T 6	約 510	約 4	約 170	約 10
AC 8 B	時効硬化処理	AC 8 B-T 5	—	—	約 200	約 4
	溶体化処理後時効硬化処理	AC 8 B-T 6	約 510	約 4	約 170	約 10
AC 8 C	時効硬化処理	AC 8 C-T 5	—	—	約 200	約 4
	溶体化処理後時効硬化処理	AC 8 C-T 6	約 510	約 4	約 170	約 10
AC 9 A	時効硬化処理	AC 9 A-T 5	—	—	約 250	約 4
	溶体化処理後時効硬化処理	AC 9 A-T 6	約 500	約 4	約 200	約 4
	溶体化処理後時効硬化処理	AC 9 A-T 7	約 500	約 4	約 250	約 4
AC 9 B	時効硬化処理	AC 9 B-T 5	—	—	約 250	約 4
	溶体化処理後時効硬化処理	AC 9 B-T 6	約 500	約 4	約 200	約 4
	溶体化処理後時効硬化処理	AC 9 B-T 7	約 500	約 4	約 250	約 4

参考図書

- [1] アルミニウムの組織と性質, 軽金属学会 (1991).
- [2] Phase diagrams for Binary Alloys, Hiroaki Okamoto, ASM International (2000).
- [3] アルミニウム合金の強度, 小林俊郎, 内田老鶴圃 (2001).
- [4] 非鉄材料 - 講座・現代の金属学 材料編 5 -, 日本金属学会 (1987).