アルミニウムの鋳物とダイカスト

藤田 雅人*

Casting and die casting of aluminum alloys

Masato FUJITA*

1. はじめに

アルミニウムは、産出は1854年、量産技術の確立は1886年と若い金属である。これに対して金、銀、銅、鉄などは紀元前5000年から3000年に発見され製造された金属である。そのおもな金属の産出年代等を表1に示す。また、表2に示すとおり、アルミニウムは比重2.7と軽い金属であり、マグネシウム、チタンなどと同じく軽金属と呼ばれている。軽金属と重金属は、大体比重5で区分され、5以下は軽金属、5以上を重金属と呼んでいる。

1993年の日本におけるアルミニウム鋳物の生産量は、368千トン（対前年同期比94%）であり、そのうち89%は自動車に使用されている。1993年に軽金属協会が調査した一般乗用車一台当たりのアルミニウム合金使用量は84.1 kg、対車体重量では6.4%使用されている。微量ではあるが、毎年アルミニウムの使用量は増加している。

2. アルミニウム鋳物

2.1 鋳物用アルミニウム合金の種類と特徴

表3にJIS H 5202-1992に基づく各種アルミニウム合金鋳物の化学成分を示し、表4にそれらの合金の特色および用途を示す。このようにアルミニウム鋳物としては、合金で使用される場合がほとんどであるが、電気伝

導度、熱伝導度、耐食性および光沢のよいこと、ならびに軽さ等の性質を利用している。以下に鋳物用アルミニウム合金の特徴と用途を示す。

(1) AC1A, AC1B

この合金はAl-Cu系合金で、熱処理効果により機械的性質が優れ、切削性もよいので、自転車部品、架線用部品、航空機用油圧部品、電装品等に用いられる。鋳造性にやや難があり、割れや引け巣などが発生しやすい。

表1 おもな金属の産出年代¹⁾

紀元前 (B.C.)	5000年	金・銀・銅
	3500	すず・青銅
	3100	鉛・鉄(最初の産出)
	2000	鉄(技術的製造の始まり)
西暦 (A.D.)	1600	亜鉛
	1808	マグネシウム(最初の分離)
	1825	アルミニウム(最初の分離)
	1854	アルミニウム(最初の産出)
	1859	マグネシウム(最初の産出)
	1882	マグネシウム(量産技術の始まり)
	1886	アルミニウム(量産技術の始まり)
	1910	チタン(最初の分離)
	1944	チタン(量産技術の始まり)

表2 おもな金属の比重

	金属名	記号	比重	金属名	記号	比重	金属名	記号	比重
軽金属	リチウム	Li	0.53	カリウム	K	0.86	ナトリウム	Na	0.97
	カルシウム	Ca	1.55	マグネシウム	Mg	1.74	ベリリウム	Be	1.83
	シリコン(けい素)	Si	2.34	アルミニウム	Al	2.69	チタン	Ti	4.5
重金属	ゲルマニウム	Ge	5.36	ジルコニウム	Zr	6.40	亜鉛	Zn	7.14
	マンガン	Mn	7.19	すず	Sn	7.29	鉄	Fe	7.86
	金	Au	19.30	タングステン	W	19.30	白金	Pt	21.4

* 東京軽合金製作所（行田市）。Tokyo Light Alloy Co., Ltd (Gyoda-shi, Saitama).

受理日：平成6年7月13日

表3 鋳物用アルミニウム合金の化学成分 (JIS H 5202-1992)

(単位%)

記 号	化 学 成 分											
	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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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

そのような場合にはTiを添加してそれらを防ぐことも可能であり、そのためにも、AC1BにおいてTiは有効成分となっている。その他この合金の割れに対してZrの添加も有効である。ただし、再溶解により効果が少なくなることがあるので注意が必要である。

(2) AC2A, AC2B

この合金は前記のAl-Cu系の鋳造性改良のためにSiを加えたAl-Si-Cu系合金である。鋳造性がよく、鋳放しのままでも使用が可能であり、切削性もよく、一般に広く使用されている。その用途は、シリンダヘッド、マニホールド、デフキャリア、クラッチハウジングなどである。この合金中には通常Feが0.2～1.0%含有されるが、Feの増加に伴い合金の引張強さ、伸びが減少する。Mgを添加することにより、熱処理効果が得られ、硬さ、引張強さ等の特性が改善されるので、不純物として許容される範囲で含有される場合が多い。AC2Bは古くから36 (サブロク) 合金と呼ばれ、3%Cuと6%Siの成分の合金としていろいろな用途に用いられる。

(3) AC3A

この合金はSiを12%含み、Al-Si系の代表的な合金であり、“シルミン”と呼ばれ、特に流動性に優れ、カバーに代表される薄肉の製品に適している。この合金は熱処理効果はないので、鋳放しのまま使用する。ただし、

鋳造歪等の除去が目的で焼なまし処理をして使用される場合がある。

(4) AC4A

この合金は、9%Si, 0.45%Mg, 0.45%Mnを含有するAl-Si-Mg系合金である。Mgの添加により熱処理効果をあげ、機械的性質の向上を図り、高級大型鋳物にも使用される材料である。用途は、エンジン部品、ミッションケース、クランクケース、産業機械などに用いられている。特にこの材料は、耐熱間割れ性、気密性、流動性、凝固収縮性、耐食性、切削性が優れている。また、表面処理効果もよい。この合金成分のMnは他の不純物と相互に影響しあい靱性の低下を招くので、それを避けるためにMnは0.4%以下を狙い値としたい。さらに、Na, Sb, Sr等により、共晶けい素の改良処理を行い、Ti, B等による結晶粒の微細化も好ましい。

(5) AC4B

この合金は、Al-Si-Cu系であり、鋳造性、機械的性質、切削性、溶接性が良好なために、日本では、シリンダヘッド、クランクケースおよびその他一般鋳物に広く使用されている。特に改良処理をしないで使用される場合も多い。

この合金中のSiの役割は鋳造性を良好にし、引張強さおよび硬質を向上させるが、伸びをやや低下させる傾

表 4 アルミニウム合金の特色および用途例 (JIS H 5202-1992)

種 類	記号	合金系	鋳型の区分	参 考	
				相当合金名	合金の特色 用 途 例
鋳物 1 種 A	AC1A	Al-Cu 系	金型, 砂型	ASTM: 295.0	機械的性質が優 れ, 切削性もよい が, 鋳造性がよく ない。 架線用部品, 自転 車部品, 航空機用 油圧部品, 電装品 など
鋳物 1 種 B	AC1B	Al-Cu-Mg 系	金型, 砂型	ISO: AlCu4MgTi NF: AU5GT	機械的性質が優 れ, 切削性もよい が, 鋳造性がよく ないので鋳物の形 状によって溶解, 鋳造方案に注意を 要する。 架線用部品, 重電 気部品, 自転車部 品, 航空機部品な ど
鋳物 2 種 A	AC2A	Al-Cu-Si 系	金型, 砂型		鋳造性がよく, 引 張強さは高いが, 伸びが少ない。一 般用として優れて いる。 マニホールド, デ フキャリヤ, ポン プボデー, シリン ダヘッド, 自動車 用足回り部品など
鋳物 2 種 B	AC2B	Al-Cu-Si 系	金型, 砂型		鋳造性がよく, 一 般用として広く用 いられている。 シリンダヘッド, バルブボデー, ク ランクケース, ク ラッチハウジング など
鋳物 3 種 A	AC3A	Al-Si 系	金型, 砂型		流動性が優れ, 耐 食性もよいが, 耐 力が低い。 ケース類, カパー 類, ハウジング類 の薄肉, 複雑な形 状のもの, カーテ ンウォールなど
鋳物 4 種 A	AC4A	Al-Si-Mg 系	金型, 砂型		鋳造性がよく, じ ん性が優れ, 強度 が要求される大型 鋳物に用いられ る。 マニホールド, ブ レーキドラム, ミ ッションケース, クランクケース, ギヤボックス, 船 用・車両用エン ジン部品など
鋳物 4 種 B	AC4B	Al-Si-Cu 系	金型, 砂型	ASTM: 333.0	鋳造性がよく, 引 張強さは高いが, 伸びは少ない。一 般用に広く用いら れる。 クランクケース, シリンダヘッド, マニホールド, 航 空機用電装品など
鋳物 4 種 C	AC4C	Al-Si-Mg 系	金型, 砂型	ISO: AlSi7Mg(Fe)	鋳造性が優れ, 耐 圧性, 耐食性もよ い。 油圧部品, ミッ ションケース, フラ イホイールハウジ ング, 航空機部品, 小型用エンジン部 品, 電装品など
鋳物 4 種 CH	AC4CH	Al-Si-Mg 系	金型, 砂型	ISO: AlSi7Mg ASTM: A356.0	鋳造性が優れ, 機 械的性質も優れて いる。高級鋳物に 用いられる。 自動車用車輪, 架 線金具, 航空機用 エンジン部品およ び油圧部品など
鋳物 4 種 D	AC4D	Al-Si-Cu- Mg 系	金型, 砂型	ISO: AlSi5Cu/Mg ASTM: 355.0	鋳造性がよく, 機 械的性質もよい。 耐圧性が要求され るものに用いられ る。 水冷シリンダヘッ ド, クランクケー ス, シリンダプロ ック, 燃料ポンプ ボデー, プロワハ ウジング, 航空機 用油圧部品および 電装品など

表 4 つづき

種 類	記号	合金系	鋳型の区分	参 考		
				相当合金名	合金の特色	用 途 例
鋳物 5 種 A	AC5A	Al-Cu-Ni-Mg 系	金型, 砂型	ISO: AlCu4Ni2Mg2 ASTM: 242.0	高温で引張強さが高い。 鋳造性はよくない。	空冷シリンダヘッド, ディーゼル機 関用ピストン, 航空機用エンジン部品など
鋳物 7 種 A	AC7A	Al-Mg 系	金型, 砂型	ASTM: 514.0	耐食性が優れ, じん性がよく, 陽極酸化性がよい。鋳造性はよくない。	架線金具, 船用部品, 彫刻素材建築用金具, 事務機器, いす, 航空機用電装品など
鋳物 8 種 A	AC8A	Al-Si-Cu-Ni-Mg 系	金型		耐熱性が優れ, 耐摩耗性もよく, 熱膨張係数が小さい。引張強さも高い。	自動車・ディーゼル機関用ピストン, 船用ピストン, プーリー, 軸受など
鋳物 8 種 B	AC8B	Al-Si-Cu-Ni-Mg 系	金型		同上	自動車用ピストン, プーリー, 軸受など
鋳物 8 種 C	AC8C	Al-Si-Cu-Mg 系	金型	ASTM: 332.0	同上	自動車用ピストン, プーリー, 軸受など
鋳物 9 種 A	AC9A	Al-Si-Cu-Ni-Mg 系	金型		耐熱性が優れ, 熱膨張係数が小さい。耐摩耗性はよいが, 鋳造性や切削性はよくない。	ピストン (空冷 2 サイクル用) など
鋳物 9 種 B	AC9B	Al-Si-Cu-Ni-Mg 系	金型		耐熱性が優れ, 熱膨張係数が小さい。耐摩耗性はよいが, 鋳造性や切削性はよくない。	ピストン (ディーゼル機関用, 水冷 2 サイクル用), 空冷シリンダなど

向にある。また、合金中の Cu の含有量が多くなると、引張強さおよび硬さは向上するが、伸びおよび耐力は低下する。この合金は、金型鋳造、低圧鋳造、砂型鋳造等に使用される。

(6) AC4C, AC4CH
この合金は、シルミンを改良した Al-Si-Mg 系合金である。特に Mg 0.3~0.4% を添加して熱処理効果をもたせ、改良処理をすることにより有効な伸びを得ている。

近年、アルミニウムタイヤホイールに用いられ、使用量が急増した合金である。その他、耐食性および靱性に優れているので、船舶部品にも多く使用されている。ただし、合金中の不純物を低くする必要がある。この種の合金は外国においても多く用いられ次のようなものがある。

ASTM	356	A356	A357
BS	LM-25		
DIN	G(GK)-AlSi7Mg		

ISO AlSi7Mg

(7) AC4D

この合金は、Al-Si-Cu-Mg 系であり、初晶 αAl 結晶の晶出量が多いため、Ti と B による結晶微細化が有効である。合金中の Fe は、引張強さおよび靱性を低下させるので、その含有量は、0.15% 以下としたい。この合金は鋳造性、溶接性および機械的性質に優れ、耐圧性を必要とする製品に用いられる。また、Cu1.0~1.5%、Mg0.5% を含有するので、熱処理条件により機械的性質は大きく左右されるので注意を要する。この合金の外国における規格に次のようなものがある。

ASTM	355, C355
BS	LM-16
ISO	Al-Si5Cu/Mg

(8) AC5A

この合金は Al-Cu-Ni-Mg 系で、耐熱性および高温強度に優れている。用途は、空冷エンジン用シリンダヘッド

4

表 5 各種鋳物用アルミニウム合金の金型試験片による機械的性質 (JIS H 5202-1992)

種 類	質 別	記 号	引張試験		ブリネル 硬さ HB (10/500)	参 考					
			引張強さ N/mm ²	伸び %		熱 処 理					
						焼なまし		溶体化処理		時効硬化処理	
						温度℃	時間 h	温度℃	時間 h	温度℃	時間 h
鋳物 1 種 A	鋳造のまま	AC1A-F	150以上	5 以上	約 55	—	—	—	—	—	—
	溶体化処理	AC1A-T4	230以上	5 以上	約 70	—	—	約515	約10	—	—
	溶体化処理後 時効硬化処理	AC1A-T6	250以上	2 以上	約 85	—	—	約515	約10	約160	約 6
鋳物 1 種 B	鋳造のまま	AC1B-F	170以上	2 以上	約 60	—	—	—	—	—	—
	溶体化処理	AC1B-T4	290以上	5 以上	約 80	—	—	約515	約10	—	—
	溶体化処理後 時効硬化処理	AC1B-T6	300以上	3 以上	約 90	—	—	約515	約10	約160	約 4
鋳物 2 種 A	鋳造のまま	AC2A-F	180以上	2 以上	約 75	—	—	—	—	—	—
	溶体化処理後 時効硬化処理	AC2A-T6	270以上	1 以上	約 90	—	—	約510	約 8	約160	約 9
鋳物 2 種 B	鋳造のまま	AC2B-F	150以上	1 以上	約 70	—	—	—	—	—	—
	溶体化処理後 時効硬化処理	AC2B-T6	240以上	1 以上	約 90	—	—	約500	約10	約160	約 5
鋳物 3 種 A	鋳造のまま	AC3A-F	170以上	5 以上	約 50	—	—	—	—	—	—
鋳物 4 種 A	鋳造のまま	AC4A-F	170以上	3 以上	約 60	—	—	—	—	—	—
	溶体化処理後 時効硬化処理	AC4A-T6	240以上	2 以上	約 90	—	—	約525	約10	約160	約 9
鋳物 4 種 B	鋳造のまま	AC4B-F	170以上	—	約 80	—	—	—	—	—	—
	溶体化処理後 時効硬化処理	AC4B-T6	240以上	—	約100	—	—	約500	約10	約160	約 7
鋳物 4 種 C	鋳造のまま	AC4C-F	150以上	3 以上	約 55	—	—	—	—	—	—
	時効硬化処理	AC4C-T5	170以上	3 以上	約 65	—	—	—	—	約225	約 5
	溶体化処理後 時効硬化処理	AC4C-T6	220以上	3 以上	約 85	—	—	約525	約 8	約160	約 6
	溶体化処理後 時効硬化処理	AC4C-T6I	240以上	1 以上	約 90	—	—	約525	約 8	約170	約 7
鋳物 4 種 CH	鋳造のまま	AC4CH-F	160以上	3 以上	約 55	—	—	—	—	—	—
	時効硬化処理	AC4CH-T5	180以上	3 以上	約 65	—	—	—	—	約225	約 5
	溶体化処理後 時効硬化処理	AC4CH-T6	240以上	5 以上	約 85	—	—	約535	約 8	約155	約 6
	溶体化処理後 時効硬化処理	AC4CH-T6I	260以上	3 以上	約 90	—	—	約535	約 8	約170	約 7
鋳物 4 種 D	鋳造のまま	AC4D-F	170以上	2 以上	約 70	—	—	—	—	—	—
	時効硬化処理	AC4D-T5	190以上	1 以上	約 75	—	—	—	—	約225	約 5
	溶体化処理後 時効硬化処理	AC4D-T6	270以上	1 以上	約 90	—	—	約525	約10	約160	約10
鋳物 5 種 A	焼 な ま し	AC5A-O	180以上	—	約 65	約350	約 2	—	—	—	—
	溶体化処理後 時効硬化処理	AC5A-T6	290以上	—	約110	—	—	約520	約 7	約200	約 5
鋳物 7 種 A	鋳造のまま	AC7A-F	210以上	12以上	約 60	—	—	—	—	—	—
鋳物 8 種 A	鋳造のまま	AC8A-F	170以上	—	約 85	—	—	—	—	—	—
	時効硬化処理	AC8A-T5	190以上	—	約 90	—	—	—	—	約200	約 4
	溶体化処理後 時効硬化処理	AC8A-T6	270以上	—	約110	—	—	約510	約 4	約170	約10

表 5 つづき

種 類	質 別	記 号	引張試験		参 考						
			引張強さ N/mm ²	伸び %	ブリネル 硬さ HB (10/500)	熱 処 理					
						焼なまし		溶体化処理		時効硬化処理	
						温度℃	時間 h	温度℃	時間 h	温度℃	時間 h
鋳物 8 種 B	鋳造のまま	AC8B-F	170以上	—	約 85	—	—	—	—	—	—
	時効硬化処理	AC8B-T5	180以上	—	約 90	—	—	—	—	約200	約 4
	溶体化処理後 時効硬化処理	AC8B-T6	270以上	—	約110	—	—	約510	約 4	約170	約10
鋳物 8 種 C	鋳造のまま	AC8C-F	170以上	—	約 85	—	—	—	—	—	—
	時効硬化処理	AC8C-T5	180以上	—	約 90	—	—	—	—	約200	約 4
	溶体化処理後 時効硬化処理	AC8C-T6	270以上	—	約110	—	—	約510	約 4	約170	約10
鋳物 9 種 A	時効硬化処理	AC9A-T5	150以上	—	約 90	—	—	—	—	約250	約 4
	溶体化処理後 時効硬化処理	AC9A-T6	190以上	—	約125	—	—	約500	約 4	約200	約 4
	溶体化処理後 時効硬化処理	AC9A-T7	170以上	—	約 95	—	—	約500	約 4	約250	約 4
鋳物 9 種 B	時効硬化処理	AC9B-T5	170以上	—	約 85	—	—	—	—	約250	約 4
	溶体化処理後 時効硬化処理	AC9B-T6	270以上	—	約120	—	—	約500	約 4	約200	約 4
	溶体化処理後 時効硬化処理	AC9B-T7	200以上	—	約 90	—	—	約500	約 4	約250	約 4

ド、ディーゼルエンジン用ピストン、航空機用エンジン部品等である。ただし、鋳造性が悪く、収縮割れ、引け巣などが発生しやすく、冷却速度の大きい鋳造方法がよい。また、Si、Feの混入は引け巣などを助長するので極力避けた方がよい。

(9) AC7A

この合金は、ヒドロナリウムと呼ばれ、Al-Mg系で、その特徴は耐食性および伸びが良好なことである。しかし、鋳造性に難があり、収縮割れ、引け巣などが発生しやすい。用途は耐食性および切削性のよいこと、陽極酸化処理のしやすいことを利用して、架線金具、船舶用部品、食品用部品、機械部品等である。この合金は非熱処理合金でF材のまま使用され、表5に示すように、伸びが非常によいが、Mgの添加量が増加すると、引張強さおよび耐力は向上するものの伸びは減少する。この合金にFe、Zn、Ni、Cuが混入することは耐食性を減少させる原因となるので避けるべきである。

Beはこの合金の酸化を防止し、ドロスの発生を防ぐので、ごく少量を添加することが好ましい。併せてTiの0.2%以下の使用も結晶粒の粒大化を防ぐために添加した方がよい。

(10) AC8A・AC8B

この合金はAl-Si-Cu-Ni-Mg系の合金で、ピストン用合金として多く使用されている。AC8AはNiを添加することにより、高温強度が改善され、熱膨張係数が小さく、耐摩耗性に優れた合金になる。この合金中のSiは熱膨張係数を小さくすること、および鋳造性をよくすることに効果が見られる。また、Cuは耐熱性の向上に寄与し、MgもCuおよびSiとの化合物を生成することにより、熱処理効果の改善に有効である。Niの添加は耐食性を低下させその点ではよくないが、各添加金属との化合物により、高温強度を向上させる。Feは、含有量が多くなると鋳造性、被削性、機械的性質を劣化させる。

AC8BはAC8AよりNiを少なくしCuを多くした合金である。用途はピストンおよび軸受等であり、合金の特徴はAC8Aとほとんど同じである。

(11) AC8C

この合金は前者よりさらにNiを少なくしたものである。

(12) AC9A, AC9B

この合金は、JISの鋳物用アルミニウム合金の規格中

4

表6 鋳型と鋳造方法の種類

1. 生型法 (生のままの砂型)
2. アブリ型法 (表面乾燥法) (生型の表面を乾燥した砂型)
3. 乾燥型法 (乾燥した砂型)
4. 半永久鋳型法
 - 煉瓦型 (焼成した焼成型)
 - セメント型 (硬化させたセメント型)
5. ダイカスト (ダイ鋳造)
 - 圧力ダイカスト (金型)
 - 重力ダイカスト (金型, 表面被覆金型)
 - 低圧鋳造法 (金型と砂中子)
6. シェル型法 (シェルモールド法) (合成樹脂配合砂を熱硬化させた砂型)
7. ガス型法 (CO_2 プロセス) (けい酸ソーダ配合砂を炭酸ガスで硬化した砂型)
8. 遠心鋳造
 - 砂型遠心鋳造 (砂型)
 - 金型遠心鋳造 (金型)
9. 精密鋳造 (インベストメント法)
 - ロストワックス法 (ワックス模型を溶出したエチルシリケート砂型)
 - 蠟型法 (蠟を溶出したマネ砂型)
 - 石膏型法 (石膏型)
 - ショープロセス (石膏模型でつくった特殊耐火物型)
10. 自硬性鋳型法 (硬化剤により自ら硬化させる砂型)
11. コールドセット法 (合成樹脂配合砂を室温で硬化させた型)
12. 真空造型法 (V プロセス) (粘結剤を用いず砂粒間の減圧により造型する)

で最も Si 量が多い高い素合金であり、2 サイクルエンジン用ピストン等に多く使用されている。鋳造温度が比較的高いので、溶湯の酸化およびガスの吸収には十分注意を要する。

2.2 アルミニウム鋳物の各種鋳造法

アルミニウム鋳物の鋳型と鋳造方法は表6に示したように多岐見られるが、大別すると金型と砂型である。表7は平成5年の日本におけるアルミニウム鋳物の生産量および生産金額である。このように日本においては、金型鋳造法によるものが全体の94.35% (重量にて) を占めている。

2.2.1 砂型鋳造法

砂型鋳造法は、ダイカストや金型鋳造法に比較して凝固速度が遅いので、樹枝状晶が成長して大きくなり、また、凝固のとき放出されるガスによりピンホールが生成しやすい欠点がある。現在は多種少量生産と試作品の製作に用いられている。一方、機械込めによる高速生産も可能であり、ダイカスト程度 (あるいはそれ以上) の生産をあげている場合もある。他の鋳造法に比較し、木型 (一部金型) を用いて砂型で製品を作ることができるので、納期が早く、形状や大きさにあまり制約がないという利点もある。

砂型鋳造法は、生砂型法、シェル型法、 CO_2 法に大別できる。紀元前から使用されている生砂型法は天然の

表7 日本におけるアルミニウムの生産量および生産金額 (平成5年暦年)

	重量 (トン)	金額 (百万円)
砂型鋳造法によるもの	20,777	26,117
金型鋳造法によるもの	347,039	253,760
金型のうち低圧鋳造法によるもの	(194,080)	(122,013)
金型のうち重力鋳造法によるもの	(152,959)	(131,748)
合計	367,816	279,877

鋳物砂 (山砂) を用いるもので、使用回数が多くなると粘土分が低下するのでベントナイトを添加する。シェル型法は現在、中子として使用されることが多くなった。浜砂 (海砂、けい砂) にフェノール樹脂を添加し、熱硬化をさせて作った鋳型をシェル型と呼んでいる。

CO_2 法は、けい砂に4~5%のけい酸ナトリウム ($\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ または $\text{Na}_6\text{Si}_2\text{O}_7 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ 等の組成) をバインダとして添加し、 CO_2 ガスを吹込み、砂を硬化させて鋳型を作る方法である。

CO_2 の作業上の注意点は、

- ① 混練された砂は水分が蒸発して硬化が進行するので、容器を密閉するなどの保存上の注意を要する。
- ② 溶湯の鋳込みに際して、十分な乾燥処理を要す

表 8 各種鋳物用アルミニウム合金の砂型試験片による機械的性質 (JIS H 5202-1992)

種 類	質 別	記号	引張試験		ブリネル 硬さ HB (10/500)	参 考					
			引張強さ N/mm ²	伸び %		熱 処 理					
						焼なまし		溶体化処理		時効硬化処理	
						温度℃	時間 h	温度℃	時間 h	温度℃	時間 h
鋳物 1 種 A	鋳造のまま	AC1A-F	130以上	—	約 50	—	—	—	—	—	—
	溶体化処理	AC1A-T4	180以上	3 以上	約 70	—	—	約515	約10	—	—
	溶体化処理後 時効硬化処理	AC1A-T6	210以上	2 以上	約 80	—	—	約515	約10	約160	約 6
鋳物 1 種 B	鋳造のまま	AC1B-F	150以上	1 以上	約 75	—	—	—	—	—	—
	溶体化処理	AC1B-T4	250以上	4 以上	約 85	—	—	約515	約10	—	—
	溶体化処理後 時効硬化処理	AC1B-T6	270以上	3 以上	約 90	—	—	約515	約10	約160	約 4
鋳物 2 種 A	鋳造のまま	AC2A-F	150以上	—	約 70	—	—	—	—	—	—
	溶体化処理後 時効硬化処理	AC2A-T6	230以上	—	約 90	—	—	約510	約 8	約160	約10
鋳物 2 種 B	鋳造のまま	AC2B-F	130以上	—	約 60	—	—	—	—	—	—
	溶体化処理後 時効硬化処理	AC2B-T6	190以上	—	約 80	—	—	約500	約10	約160	約 5
鋳物 3 種 A	鋳造のまま	AC3A-F	140以上	2 以上	約 45	—	—	—	—	—	—
鋳物 4 種 A	鋳造のまま	AC4A-F	130以上	—	約 45	—	—	—	—	—	—
	溶体化処理後 時効硬化処理	AC4A-T6	220以上	—	約 80	—	—	約525	約10	約160	約 9
鋳物 4 種 B	鋳造のまま	AC4B-F	140以上	—	約 80	—	—	—	—	—	—
	溶体化処理後 時効硬化処理	AC4B-T6	210以上	—	約100	—	—	約500	約10	約160	約 7
鋳物 4 種 C	鋳造のまま	AC4C-F	130以上	—	約 50	—	—	—	—	—	—
	時効硬化処理	AC4C-T5	140以上	—	約 60	—	—	—	—	約225	約 5
	溶体化処理後 時効硬化処理	AC4C-T6	200以上	2 以上	約 75	—	—	約525	約 8	約160	約 6
	溶体化処理後 時効硬化処理	AC4C-T6I	220以上	1 以上	約 80	—	—	約525	約 8	約170	約 7
鋳物 4 種 CH	鋳造のまま	AC4CH-F	140以上	2 以上	約 50	—	—	—	—	—	—
	時効硬化処理	AC4CH-T5	150以上	2 以上	約 60	—	—	—	—	約225	約 5
	溶体化処理後 時効硬化処理	AC4CH-T6	220以上	3 以上	約 75	—	—	約535	約 8	約155	約 6
	溶体化処理後 時効硬化処理	AC4CH-T6I	240以上	1 以上	約 80	—	—	約535	約 8	約170	約 7
鋳物 4 種 D	鋳造のまま	AC4D-F	130以上	—	約 60	—	—	—	—	—	—
	時効硬化処理	AC4D-T5	170以上	—	約 65	—	—	—	—	約225	約 5
	溶体化処理後 時効硬化処理	AC4D-T6	230以上	1 以上	約 80	—	—	約525	約10	約160	約10
鋳物 5 種 A	焼 な ま し	AC5A-O	130以上	—	約 65	約350	約 2	—	—	—	—
	溶体化処理後 時効硬化処理	AC5A-T6	210以上	—	約 90	—	—	約520	約 7	約200	約 5
鋳物 7 種 A	鋳造のまま	AC7A-F	140以上	6 以上	約 50	—	—	—	—	—	—

表 9 砂型鋳物の伸尺

材質 鋳型の種類	アルミニウム合金 第 2, 3, 4, 8 種	アルミニウム合金 第 1, 5, 7 種
生砂型 (小物)	$1\frac{12}{1000}$	$1\frac{10}{1000}$
乾燥型 (大物)	$1\frac{10}{1000}$	$1\frac{8\sim 10}{1000}$
CO ₂ 型	$1\frac{10}{1000}$	$1\frac{8\sim 10}{1000}$

図 1 方案の参考例

る。水分またはガスの発生により溶湯が爆発する場合がある。

- ③ CO₂ をボンベから放出するとき気化熱が発生して冷却現象が起こるので、ガス調整装置には加熱が必要である。

砂型鋳物の機械的性質は表 8 に示すように、金型鋳造による場合より約 10～20% 低い値を示す場合が多い。

砂型鋳物の伸尺は表 9 のとおりである。砂型における鋳造方案の例を図 1 に示す。鋳造方案決定には次のような注意が必要である。

- ① 鋳込み時の溶湯の乱流を防ぐ
- ② 湯口、堰などで酸化物の発生するような設計にしない
- ③ 押し湯部が最後に凝固するように指向性凝固をさせる
- ④ 製品部分の凝固が始まる前に鋳型内に溶湯が満たされるような湯道、堰の大きさにする
- ⑤ 湯口や押し湯などを切断しやすいようにする

2.2.2 金型鋳造法

金型鋳造法は重力鋳造法と低圧鋳造法に大別される。

(1) 重力鋳造法

これは大気圧で金型の中に溶湯を流し込み、製品を作る方法で、中子に砂が使用できること、鋳型が金型のため繰返し使用できることなどの利点があり、同一製品の多量生産に適している。

金型は製品になる部分と分離される機能部分に分けられるが、これらは別々に考慮、設計されるのではなく、お互いに関連させて検討すべきである。

(a) 鋳造方案

湯口、湯道、押し湯などの位置が分割面に制約され、金型完成後の変更は困難であるので、十分検討する必要がある

(b) 金型の分割

原則的には鋳物の最も広い部分で分割するが次のような注意も必要である。

表 10 金属中子の大きさとギャップの寸法

中子の大きさ (mm)	ギャップの寸法 (mm)
25 以下	0.08 以上
25～40	0.08～0.13
40～60	0.13～0.21
60～100	0.21～0.33
100～160	0.33～0.53
160～250	0.53～0.82

- ① 型の密着が悪くなり、ばり等が発生しやすくなるので曲面は避ける
- ② 加工基準面などは避ける
- ③ ガス抜き等を考慮する
- ④ ばりが発生することを前提に型分割を考える

(c) 中子と幅木

金属中子を使用する場合、本体のガイド部分とのギャップは表 10 に示した値が適当と思われる。

中子は体積が小さく、鋳込みを行うと熱膨張するので滑らかに動かなくなる。よってギャップは極力大きくとる方が好ましい。砂中子を使用する場合も、中子のくずれを防止するために、ギャップを十分にとる必要がある。

(d) 抜け勾配

抜け勾配は寸法精度から見れば少なくない方がよいが、生産性、型の摩耗、製品の変形などから極力大きくとる方が好ましい。特に温度の上昇するところや収縮によってかじりの発生しやすいところは、大きくとる必要がある。表 11 に抜け勾配の値を示す。

(e) ガス抜き

金型の内部のガスおよび中子などから発生するガスを鋳型の外へいかに逃がすが、鋳物の品質の良否にかかっていると言っても過言ではない。それほどガス抜きは重要な役割をもっている。金型に付けるガス抜き例を図 2 に示す。

表11 抜け勾配

深さ (mm)	内側抜け勾配(度)	外側抜け勾配(度)
0.8～3.2	20	10
3.3～12.7	15	7
12.8～25.4	10	5
25.5～152.4	5	3
152.5～304.8	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$

図2 金型のガス抜きの例

表12 合金工具鋼の種類と記号 (JIS G 4404-1983)

種類の記号	摘 要
SKS 11 SKS 2 SKS 21 SKS 5 SKS 51 SKS 7 SKS 8	主として切削工具用
SKS 4 SKS 41 SKS 43 SKS 44	主として耐衝撃工具用
SKS 3 SKS 31 SKS 93 SKS 94 SKS 95 SKD 1 SKD 11 SKD 12	主として冷間金型用
SKD 4 SKD 5 SKD 6 SKD 61 SKD 62 SKD 7 SKD 8 SKT 3 SKT 4	主として熱間金型用

(f) 金型用材料

金型への鋳込温度は720℃～740℃と高く、しかも繰返し溶湯と接触するので使用条件は過酷である。表12は合金工具鋼の種類を示したものであるが、これらのうち金型用材料として多く使用されているのはSKD5, SKD6, SKD61などである。金型用材料としては、焼入性、耐熱性、加工性、溶接性などのよいことも必要である。

そのほかにFC20, ダクタイル鋳鉄なども少量生産の型材料として使用される。

(2) 低圧鋳造法

低圧鋳造法は、自動車用シリンダヘッドおよびタイヤホイールの生産にすっかり定着したプロセスである。

図3に低圧鋳造機の概略図を示す。現在約1500台の機械が稼働しているものと推定される。わが国においては昭和36年から低圧鋳造法による生産が開始されたが、その頃は重力鋳造法と比較して鋳造サイクルが長いということで生産が伸びなかったが、その後改善が進み、先に示したとおり、重力鋳造法をしのぐ生産量を現在行っている。その特徴は次のものであり、国内の自動車メーカにおいて積極的な設備増強が見られている。

すなわち、

- ① 材料歩留まりがよい
- ② 自動化が容易であり、安定した品質が得られる
- ③ 砂中子の使用が可能である
- ④ 一人で数台の機械が稼働可能である
- ⑤ 同一製品で見た場合、設備費がダイカストより安い

4

図3 低圧铸造機

図4 低圧铸造のサイクル

⑥ 铸造可能材質の制約が少ない

低圧铸造の1サイクルは図4に示すとおりである。

(a) 铸込温度

铸込温度のばらつきは、铸造サイクルのばらつきの原因になる。さらに品質にも重要な影響を及ぼすのでこの温度は安定していることが重要である。

(b) 铸込圧力

铸流れ、湯廻り等を考慮して铸込圧力を高くすることは、押し湯効果を大きくすることができる半面、中子への差込みが発生する場合がある。金型への溶湯の充填速度を考慮しつつ、図5に示すように、加圧を1次、2次と2段階あるいはそれ以上の段階で圧力をコントロールし、溶湯の充填速度を一定に保つことにより品質のよい製品を得ることが可能である。

(c) 金型設計上の注意点

低圧铸造法の方案は、ダイカスト、金型铸造法、砂型铸造法に比べ極めて単純である。湯口から遠いところから順次凝固が始まり、湯口部が最後に凝固するような指向性凝固がとれるように設計することが最良である。図

図5 2段階加圧法

図6 低圧铸造用金型湯口部

6は低圧铸造の湯口部の例である。湯口部の直径aは铸造サイクルおよび製品の品質に重大な影響があるので、できるだけ小さい方がよい。図7には湯口の形状の参考例を示す。

3. アルミニウムダイカスト

ダイカストは、高速および高圧力によって金型内に溶湯を圧入して铸件を作る方法である。アルミニウムダイカストは横型コールドチャンバー機が主流で、機械の大きさは型の締付け力で表される。近年、低速充填によって製品を作ることが増加しており、その点においてダイカストも多様化されている。これらは、高圧、高速充填を行う普通ダイカストと低速充填（層流）ダイカストに大別できる。普通ダイカストはさらに、

- ① 真空ダイカスト（減圧ダイカスト）
- ② 酸素雰囲気ダイカスト（PF法）
- ③ レオキャスト（かゆ状ダイカスト）

などに分けられ、これに対して低速充填ダイカストには、

- ① 低速層流ダイカスト
- ② スクイズキャスト
- ③ 砂中子などの使用も可能なダイカスト

などである。

3.1 ダイカスト機械

図8に示すように、コールドチャンバー機の構造は、一般に、可動盤がリンク方式（直圧のものもある）で横

図7 湯口部の形状の種類

に移動して可動型を開き、製品を可動型につけて移動し、その後製品を押し出して、型から離れて铸造を完了する。最近、縦型のダイカストマシンが見直され、国内において、300トン、1,000トン、1,500トン等の型締め力の機械が溶湯鍛造用あるいはスクイズキャスト用として使用されている。横型機械で下から縦方向鑄込みが可能であるダイカストマシンもある。

3.2 ダイカスト型用材料

ダイカスト型用材料は、溶湯に接する部分は表13に示すJISのうち、SKD6またはSKD61が熱処理をして使用されている。これに対して、ホールデンブロック等の溶湯と直接触れないところは、S45CまたはS50Sが使用される。表14にSKD6およびSKD61の熱処理条件を示す。

3.3 ダイカスト型の寿命

日本ダイカスト協会発行のダイカストの標準DCSD金型取引編によると、その標準は、寸法精度の高いものは30,000、機能部品50,000、その他は80,000ショットとしている。しかし、形状、肉厚等によりその標準数は大きく変わるとしている。スクイズキャストや層流ダイカストの場合は、さらに減少する場合が多い。

番号	名 称	番号	名 称
①	可動盤	⑬	Tみぞ
②	固定盤	⑭	押出ロッド
③	リンクハウジング	⑮	押出ロッド
④	タイバー	⑯	押出バンパプレート
⑤	タイバーナット	⑰	射出シリンダ
⑥	型締シリンダ	⑱	射出ピストンロッド
⑦	リンク	⑲	プランジャロッドカップリング
⑧	リンクピン	⑳	プランジャロッド
⑨	リンクピンブッシュ	㉑	プランジャチップ
⑩	クロスヘッド	㉒	スリーブ
⑪	ガイドバー	㉓	射出タイバー
⑫	可動盤滑板	㉔	ベースフレーム

図8 コールドチャンバー機の構造と名称

表13 ダイカスト用型材料の化学成分⁴⁾

種 別	記号	化 学 成 分 (%)							
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	V
合金工具鋼 D 6種	SKD 6	0.32～0.42	0.80～1.20	0.5以下	0.03以下	0.03以下	4.50～5.50	1.00～1.50	0.30～0.50
合金工具鋼 D61種	SKD 61	0.32～0.42	0.80～1.20	0.5以下	0.03以下	0.03以下	4.50～5.50	1.00～1.50	0.80～1.20

表14 ダイカスト用型材料の熱処理条件⁴⁾

記 号	焼 な ま し		焼 入 れ		焼 も ど し	
	温度 (°C)	かたさ HB	温度 (°C)	かたさ HRC	温度 (°C)	かたさ HRC
SKD 6	820～870炉冷	241以下	1000～1050空冷	47以上	550～600空冷	42～48
SKD 61	820～870炉冷	241以下	1000～1050空冷	47以上	550～600空冷	42～48

4

表15 ダイカスト用アルミニウム合金の化学成分 (JIS H 5302-1990)

記 号	Cu	Si	Mg	Zn	Fe	Mn	Ni	Sn	Al
ADC1	1.0	11.0~13.0	0.3	0.5	1.3	0.3	0.5	0.1	残 部
ADC3	0.6	9.0~10.0	0.4~0.6	0.5	1.3	0.3	0.5	0.1	残 部
ADC5	0.2	0.3	4.0~8.5	0.1	1.8	0.3	0.1	0.1	残 部
ADC6	0.1	1.0	2.5~4.0	0.4	0.8	0.4~0.6	0.1	0.1	残 部
ADC10	2.0~4.0	7.5~9.5	0.3	1.0	1.3	0.5	0.5	0.3	残 部
ADC10Z				3.0					
ADC12	1.5~3.5	9.6~12.0	0.3	1.0	1.3	0.5	0.5	0.3	残 部
ADC12Z				3.0					
ADC14	4.0~5.0	16.0~18.0	0.45~0.65	1.5	1.3	0.5	0.3	0.3	残 部

3.4 ダイカスト用アルミニウム合金

JIS H 5302-1990のアルミニウム合金ダイカストの化学成分を表15に示す。

(1) ADC1

この合金は、表15からわかるとおり、Siが12%の共晶合金であり、流動性が優れており、熱間脆性も起こりにくい铸造性のよい合金である。薄肉の製品や大物で形状の複雑な製品をつくるのに適している。

(2) ADC3

この合金は、Si量は9.5%とADC1よりやや少なく、耐圧性が優れている。Mgを0.5%程度含有しているので機械的性質および耐食性がよい。用途はカバー類、ケース類の製品に適している。

(3) ADC5, ADC6

この合金はAl-Mg系合金であり、アルミニウム鋳物合金の7種に相当する。ヒドロナリウムとも呼ばれている。

Mgの含有量が多いと、耐食性、機械的性質および機械加工性に優れ、陽極酸化皮膜の生成も良好となる。しかし、溶解において、Mgが多い場合は特に、Mgの燃焼による消失に注意を要する。また、Feの含有量が多いと耐食性を低下させるので注意を要する。用途は、船舶用品、家庭用品、装飾品などの製造に使用される。

(4) ADC10, ADC10Z, ADC12, ADC12Z

この合金はAl-Si-Cu系であり、わが国では、ギャケー、カバー類および空冷シリンダヘッドなどの自動車または各種機械部品、電気部品などに広く使用される。わが国においては、ダイカスト合金中最も多く使用されている合金である。

(5) その他

その他として純アルミニウムもモーター用のキャスト

ローターに使用される場合もある。

3.5 最近のダイカスト

ダイカストは先にも述べたように、高生産性を誇る铸造法の最もさえたものである。さらに、砂中子、樹脂中子の使用に加え、コンピュータ制御による射出特性のコントロールおよび半凝固金属のダイカストなど、より強度の高い、品質のよいダイカスト製品が得られる方法が開発されている。そのいくつかについて以下に述べる。

(1) 層流ダイカスト法

図9に示すとおり、アキュラッド法の場合はプランジャが二重構造になっているが、現在この方法は用いられていない。その際に用いた厚いゲートが生かされ、シングルプランジャで生産されている。溶湯は静かに流れて型に充満される。プランジャのスピードは普通ダイカストに比較してすこぶる遅い。

(2) スクイズダイカスト法

スクイズダイカスト法は溶湯鍛造法とも呼ばれ、次のような铸造方法である。

(a) 押込み加圧铸造法

この方法は図10に示したように、製品部に直接加圧するものであり、部分的に加圧する場合もある。

(b) 縦型加圧铸造法

この方法は図11に示すように、プランジャで溶湯を受け下段のチップが下降してゲートに溶湯が到達すると上部チップが下降して、上下両サイドから加圧し、製品を製造する方式である。

(c) スリーブ傾動方式縦型加圧铸造法

図12に示したように、スリーブが傾動することにより給湯が行われ、垂直方向に加圧铸造されるものである。

(d) 電磁ポンプ給湯による縦型加圧铸造法

これは図13のように電磁ポンプを用いて、溶湯を保持

図9 ダイカスト法とアキュラッド法の比較

図10 押込み加圧鋳造法

炉からダイカスト機本体へ移送する方式で、より高品質の製品の製造に適する。この方法は砂中子の使用が可能であり、砂中子使用による自動車用シリンダブロックのダイカスト化例（筆者所属会社でダイカスト協会浦上賞受賞）もある。

図11 縦型加圧鋳造法

図12 傾動式加圧鋳造法

4

(e) 真空ダイカスト法

真空ダイカスト法は、特にダイカスト製品のガス抜き対策のために使用されている。真空中に吸引する方法は、銀盤をフードで覆いその中を真空中にするもの、オーバーフロー等のパーティング面から真空中に吸引するもの、丸型弁を金型のガス抜き孔に設置して、弁の作動で真空吸引したり止めたりするもの、各孔質体を使用して吸引しながら製品を作るものなどが開発、使用されている。真空ダイカスト法に関する設備、方法に関して、多くの特許が出されている。

4. 各種鋳造法による製品例

以上に述べた各種鋳造法で得られたアルミニウム製品の参考例を図14から図16の写真に示す。

5. おわりに

本文において、アルミニウムの鋳物とダイカストに関して基本的な事項と最近の問題点を解説した。これらのなおいっそうの知識を得るために適当な出版物を以下に紹介する。

書名	発行所など
・アルミニウム合金鋳物 (カイザーアルミニウム)	(社)軽金属協会
・アルミニウム合金鋳物(1)～(5) (鋳物用アルミニウムの	

図13 電磁ポンプ給湯による加圧鋳造法

機械的性質に関する解説書)

(社)軽金属協会

・アルミニウム合金鋳物の実体強さ	(社)軽金属協会
・アルミニウムハンドブック	(社)軽金属協会
・アルミニウム百科事典	軽金属通信社
・軽合金溶解作業講習会テキスト	(社)軽金属協会
・ダイカスト技能者ハンドブック	

全国ダイカスト工業協同組合連合会

大型自動車用トルコンミッションケース

小型船舶ショックアブソーバー

マスターシリンダー

耐圧部品

図14 金型鋳造によるもの

水冷シリンダヘッド (4気筒)

自動車用ホイール (メッシュ)

シリンダブロック (中子インサート)

オートバイ用ホイール

図15 低圧鋳造によるもの

カークーラー部品

ミッションケース

カークーラー部品/クラッチ部品

フライホイールハウジング

図16 ダイカスト法によるもの

4 |||||

- ダイカストの標準 (DCS-Q, M, E, D, T, P₁, P₂ シリーズ)
(社)ダイカスト協会
- アルミニウム合金ダイカスト
カロス出版
- アルミニウムとは
(社)軽金属協会
- 鋳物便覧
(社)日本鋳物協会
- METALS HANDBOOK (Vol. 5 Forging and Casting)
The American Metals Society
- アルミニウム合金鋳物の破壊靱性値と鋳造欠陥
(社)軽金属協会

- JIS アルミニウム合金鋳物の標準特性 (社)軽金属協会

参 考 文 献

- 1) 藤井清隆：日本の軽金属，ポプラ社．
- 2) JIS H 5202-1992，(財)日本規格協会．
- 3) JIS H 5302-1990，(財)日本規格協会．
- 4) ダイカストの標準，(社)日本ダイカスト協会．
- 5) アルミニウムダイカスト，軽金属出版．
- 6) 各種鋳造法の比較（研修講座テキスト：藤田），素材センター．