

技術資料

Mg 合金鑄物の 展望

尹 義 博

A View on Magnesium Casting Alloys

EUI -PAK, YOON

Mg 合金鑄物

마그네슘합금鑄物은 현재 航空機・纖維機械・自動車 등에 用途가 점차 확대되어 가고 있다. 自動車用으로써는 特殊目的에 한정되어 있지만 점차 輕量化가 진척됨에 따라 一般用으로도 많이 이용될 전망도 있다. 自動車部品도 마그네슘합금을 이용하는 경우, 適用하는 部品에 따라서 각각 考慮해야할 점은 있지만, 이하에서 논하는 諸性質을 활용하면 技術的・經濟的인 利點을 얻을 수 있는 기대가 크기에 本稿에 간단히 마그네슘합금鑄物에 관한 개략적인 일부를 소개한다.

1. 마그네슘합금의 特徵

1) 實用金屬合金중 가장 가볍고 무게의 比較를 表1에 나타내었다. 가볍게 운동하는 機械部品과 고속회전 및 반복운동하는 경우, 慣性이 작게된다. 또 機械裝置를 組立할때 취급이 용이하다. 自動車部品에서는 加速性이 향상되어 燃料가 절감되고 昇降能力이 향상된다.

材 料 名	比 重	比
Mg 合 金	1.8	1.0
Al 合 金	2.8	1.6
Ti 合 金	4.5	2.5
亞 鉛 合 金	7.1	3.9
鑄 鐵	7.2	4.0
鋼	7.9	4.4
青 銅	8.8	4.9
Ni	8.9	4.9
銅	8.9	4.9

表1 金屬材料의 무게比較

2) 引張強度는 알루미늄합금과 거의 같으나, 伸率은 마그네슘합금이 크다. Zn과 Zr을 添加시킨 合金은 강도가 일반적으로 증가한다. 마그네슘합금을 構造材로서 사용하면 무게를 증가시키지 않고 強度를 높일 수 있다. 또 무게를 동일하게 하면서 두께를 증가시킬 수 있으므로, 다른 金屬材料의 경우에 重量輕減을 위하여 두께를 감소시킨 部品에서도 마그네슘을 이용하면 두께를 감소시키지 않고 비교적 平활한 平면으로 제작할 수 있으므로 突起部에 의한 應力을 考慮하지 않아도 되는 外部構造形態로 만들 수 있다. 이 때문에 加工工數가 低減되고 設計시간도 줄일 수 있으며, 剛性이 높은 部品를 제작할 수 있다.

3) 加工性이 우수하다. 마그네슘합금은 다른 金屬合金보다 機械加工性이 우수하다. 高切削工具가 불필요하고, 高速切削이 가능하며, 加工時間이 단축된다. 따라서 機械加工費가 적게 소요된다. 表2에 동일한 量의 切削에 요하는 動力量의 比較를 나타내었다. 알루미늄합금에 비하여 約2배의 被切削性이 있으며, 多量生産에서는 加工費의 低減에 의한 長點은 대단히 크게 된다.

材 料 名	動 力 比
Mg 合 金	1.0
Al 合 金	1.8
黃 銅	2.3
鑄 鐵	3.5
軟 鋼	6.3
Ti	9.0
Stainless 鋼	10.0
Ni	10.0

表2 被切削性の 比較

4) 耐熱性이 있다. 종래의 마그네슘합금은 耐熱性이 부족했지만, 최근에는 Th 및 Ce 등을 合金시켜 耐熱性이 있는 合金이 開發되어 航空機用 뿐만아니라

* 한양대학교 공과대학 교수, 당학회 편집이사

自動車用으로써도 開發되고 있다.

5) 減衰性이 매우 높다. 金屬의 減衰能 (damping capacity)은 振動의 機械的 에너지를 흡수하여 熱에너지로 轉換시킨다. 즉 振動을 흡수하는 능력이다. 減衰性이 높은 것은 振動에 따른 騒音 및 內部應力이 減少하여 機械裝置가 조용하게 運轉 및 操作될 수 있다. 返復運動・往復運動・斷續運動하는 機械部品에서는 減

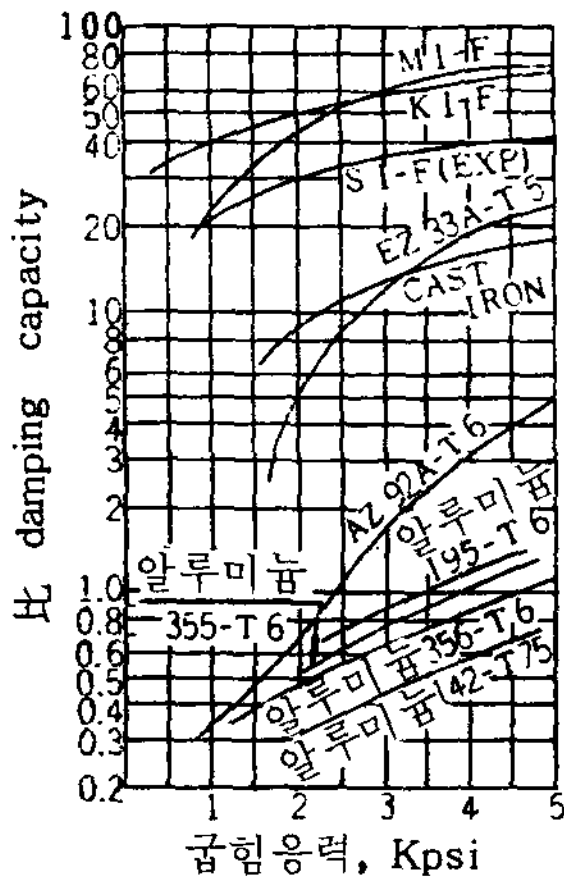


그림 1 각 材質 砂型 鑄物の 減衰能의 比較

衰能이 높은 것이 運轉을 원활하게 하므로 壽命을 연장시켜 준다. 減衰能의 比較를 그림 1에 나타내었다. 振動에 극도로 敏感한 미사일用 電子部品을 내장하는 케이스에 적합한 材料이다. 타자기・계산기등의 事務用機器에는 가볍기 때문에 잘 이용되고 있다. 또 自動車・航空機의 計器케이스 및 計器保持板에 振動의 吸收를 위하여 사용되고 있다. Fan類에는 가볍기 때문에 作動時와 回轉保持의 所要動力이 적고, 減衰能이 커서 振動이 적게되어 유리하다.

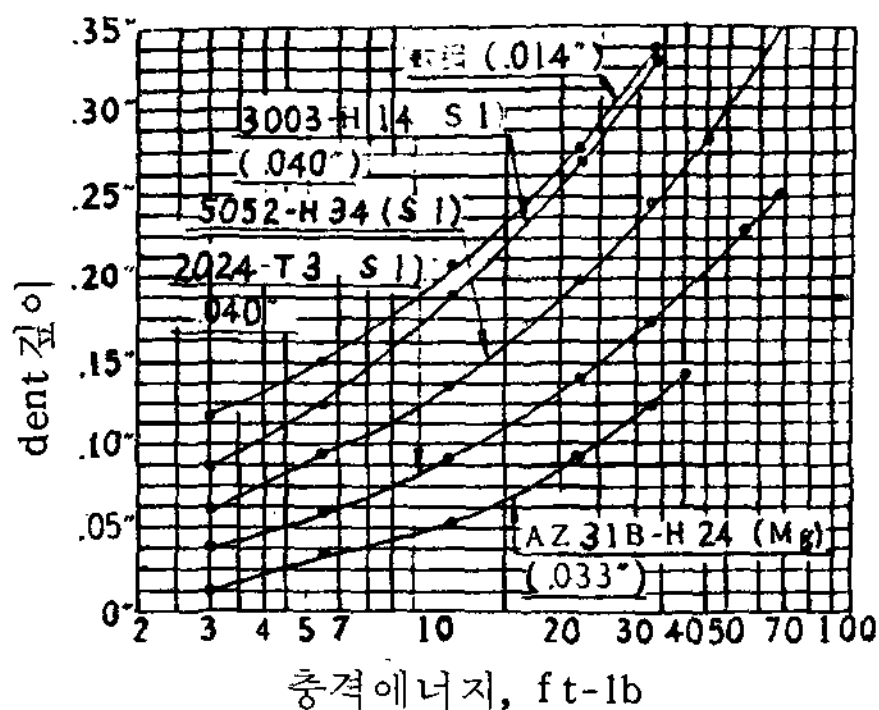


그림 2 Dent-resistance의 比較
(같은 무게의 판. ()內는 판두께)

6) 그림 2에 나타난 것처럼, dent-resistance가 양호하다. 결정구조가 稠密六方格子이므로 슬립面이 적어 變形에 대한 저항이 높아, 塑性加工에 큰 하중을 필요로 한다. 이 特性을 이용하여 旅行用 가방 및 다른 부분과 接觸이 잦은 케이스, 카바類등에 사용되고 있다.

7) 치수가 안정하다. 마그네슘합금은 시간의 經過에 의한 치수의 변화가 적다. 表 3에 鑄造材의 각 溫度・時間에 대한 치수變化를 나타내었다. 溫度가 상승

合金	經過時間 h	溫度 °C			
		150	200	250	350
AZ63A-T6	10 000	+2.0	+2.1	—	—
AZ91C-T6	10 000	+4.4	+4.6	—	—
AZ92A-T6	10 000	+2.7	+2.7	—	—
ZK51A-F	200	+0.1	+0.3	—	—
EK30A-T6	5 000	—	—	-0.3	0
EZ33A-T5	5 000	—	—	-1.9	-1.3
HK31A-T6	5 000	—	—	-0.7	-1.1
HZ32A-T5	5 000	—	—	-1.2	-1.0

表 3 . 마그네슘 合金의 치수 변화, 10⁻²%

하면 치수變化는 촉진되므로, 사용조건에 적합한 材料를 선정해야만 치수적으로 안정되게 된다.

8) 資源이 풍부하다. 해수중에는 0.12%의 마그네슘이 함유되어 있다. 해수로부터 電解精鍊에 의해 얻어지며, 또 dolomite, magnesite 등으로부터 蒸留에 의한 熱還元精鍊으로도 얻어지므로 이런 의미로부터도 장래성이 있는 材料이다.

2. 마그네슘鑄物用合金

2-1 化學成分 및 機械的性質

주요 마그네슘鑄物用合金의 化學成分을 表 4에, 機械的性質을 表 5에 나타내었다. 表중의 RE는 Rare Earth Metal을 나타내며 Ce 約 50%, La 約 25%, 그 외의 希土類 約 25%로 構成되어 있는 希土類元素이다. DM은 Nd 約 85%, Pr 約 15%를 함유한 Ce을 함유하지 않은 希土類元素이다.

2-2 合金系의 分類 및 性質

2-2-1 一般用鑄物用合金

일반용으로써 Mg-Al-Zn系, Mg-Al系의 合金이 사용된다. Mg-Al-Zn系의 AZ 63 A (JIS MC 1), AZ 81 A, AZ 91 C (JIS MC 2), AZ 92 A (JIS MC 3) 등의 合金은 알루미늄과 아연・망간을 添加하여 상온에서의 機械的性質과 鑄造性을 향상시킨 合金이다. 알루미늄에 의해 機械的性質이 향상되고, 아연에 의해 내

合金名	化学成分%										備考
	Al	Zn	Mn	Zr	RE	Th	Ag	Cu	Ni	Si	
AZ63A *	5.3~6.7	2.5~3.5	>0.15	-	-	-	-	<0.10	<0.01	<0.30	MC 1
AZ81A *	7.0~8.1	0.4~1.0	>0.13	-	-	-	-	<0.10	<0.01	<0.30	-
AZ91C *	8.1~9.3	0.4~1.0	>0.13	-	-	-	-	<0.10	<0.01	<0.30	MC 2
AZ92A *	8.3~9.7	1.6~2.4	>0.10	-	-	-	-	<0.10	<0.01	<0.30	MC 3
M 1	-	-	1.2~2.4	-	-	-	-	<0.10	<0.01	<0.30	MC 4
ZK51A	-	3.6~5.5	-	0.50~1.0	-	-	-	<0.10	<0.01	-	MC 6
ZK61A	-	5.5~6.5	-	0.60~1.0	-	-	-	<0.10	<0.01	-	MC 7
ZE41A *	-	3.5~5.0	<0.15	0.40~1.0	0.75~1.75	-	-	<0.10	<0.01	-	-
ZH62A	-	5.2~6.2	-	0.50~1.0	-	1.4~2.2	-	<0.10	<0.01	-	-
EK30A	-	<0.3	-	>0.2	2.5~4.0	-	-	<0.10	<0.01	<0.3	-
EK41A	-	<0.3	-	0.4~1.0	3.0~5.0	-	-	<0.10	<0.01	<0.3	-
EZ33A *	-	2.0~3.1	-	0.50~1.0	2.5~4.0	-	-	<0.10	<0.01	-	MC 8
EK31XA	-	-	-	0.4~1.0	2.5~4.0	-	-	-	-	-	-
QE22A	-	-	-	0.40~1.0	1.80~2.5	-	2.0~3.0	<0.10	<0.01	-	MC 10
EK31A	-	<0.30	-	0.50~1.0	-	2.5~4.0	-	<0.10	<0.01	-	-
HZ32A	-	1.7~2.5	-	0.50~1.0	<0.10	2.5~4.0	-	<0.10	<0.01	-	MC 9
K 1 A	-	-	-	0.4~1.0	-	-	-	-	-	-	-
AM100A**	9.3~10.7	<0.3	>0.10	-	-	-	-	<0.10	<0.01	<0.30	MC 5
AZ91A**	8.3~9.7	0.4~1.0	>0.13	-	-	-	-	<0.10	<0.01	0.50	MDC 1
AZ91B**	8.3~9.7	0.4~1.0	>0.13	-	-	-	-	<0.30	<0.01	0.50	-

* 표시는 金型 鑄物用에도 사용 ** 표시는 金型 鑄物에만 사용

表 4 마그네슘 鑄物用 合金의 化學成分

合金名	熱處理	引張強度 kg/mm ² (以上)	耐力 kg/mm ² (以上)	伸率 % (以上)	브리넬 硬度 (標準)	切斷強度 kg/mm ² (標準)	疲勞強度 10 ⁷ 사이클 kg/mm ²	熱傳導度 C. G. S. 25°C
AZ63A	F	17	7	4	50	13	8	0.14
"	T4	24	7	7	55	12	9	0.12
"	T6	24	11	3	73	14	8	-
AZ81A	T4	24	7	7	55	12	-	0.12
AZ91C	F	14	7	-	52	13	-	0.13
"	T4	24	8	7	53	-	8	0.11
"	T6	24	11	3	66	14	8	-
AZ92A	F	14	7	-	65	13	8	0.12
"	T4	24	7	7	65	-	10	0.11
"	T6	24	13	1	80	16	8	0.14
ZK51A	T5	24	14	5	65	15	6	0.26
ZK61A	T5	27	18	5	-	-	-	-
"	T6	27	18	5	70	18	10	0.26
ZE41A	T5	20	13	2.5	-	-	-	0.30
ZH62A	T5	25	15	5	70	-	-	0.26
EK30A	T6	14	10	2	53	-	5	0.26
EK41A	T5	14	10	-	50	-	5	-
EK41A	T6	15	11	1	50	-	7	0.23
EZ33A	T5	14	10	2	50	-	7	0.24
EK31XA	T6	22	13	2	64	16	-	0.23
QE22A	T6	25	18	2	-	16	11	0.25
EK31A	T6	19	9	4	55	-	8	0.22
HZ32A	T5	19	9	4	57	-	7	0.26
K 1 A	F	17	4	14	-	6	-	0.30
AM100A	F	14	7	-	53	13	7	0.12
"	F4	24	7	6	52	14	8	0.10
"	T6	24	11	2	60	15	7	-
"	T61	24	12	-	70	15	7	0.15
AZ91A**	F	(16)	(11)	(3)	60	14	10	0.13
AZ91B**	F	(16)	(11)	(3)	60	-	-	0.13

* 표시는 金型 鑄物의 경우, ** 표시는 다이캐스팅의 경우

熱處理 說明 F : 鑄造상태 T4 : 溶體化 處理

T5 : 人工時効處理

T6 : 溶體化 處理 후 人工時効 處理

表 5 마그네슘 鑄物用 合金의 機械的 性質

식성이 개선되고, 망간에 의해 結晶粒의 微細化와 내식성의 향상을 향상시킨 것이다. AZ 63 A는 6%의 알루미늄과 3%의 아연이 주성분인 合金으로 歷史가 오래된 것이다. 凝固溫度範圍가 넓고 凝固時間이 긴 경우에는, microshrinkage가 발생하여 多孔質인 結합이 鑄物에 생기기 쉽다. 鑄物이 적고, 두께가 얇으면 凝固時間이 단축되기 때문에 多孔質로 되지 않는다. 機械的性質이 뛰어나기 때문에 적은 鑄物用으로 適合한 合金이다.

AZ 81 A는 靱성이 좋아 外國에서는 보일러등에 사용되고 있다.

AZ 91 C는 9%의 알루미늄과 0.7%의 아연을 주성분으로 하는 合金으로, AZ 63 A와 같은 機械的性質을 가지며 microshrinkage의 發生은 적다. 鑄造性도 좋아 健全한 鑄物이 되므로, 최근에는 航空機部品の 一般構造材는 주로 AZ 91 C가 사용되며 自動車등의 構造部品으로도 장려되고 있다. AZ 92 A는 鑄造性・耐壓性이 우수하지만 약간 靱성이 낮다. 耐力이 높아 大形鑄物에 많이 이용되며, 耐壓性이 양호하여 燃料系統의 케이스類에 이용되고 있다. Mg-Al-Zn系 合金은 최고 150°C까지 사용 가능하다. 이 경우 AZ92 A가 더 많이 이용되고 있다.

Mg-Al系의 AM 100은 10%의 알루미늄을 主成分으로 하는 合金으로 金型鑄物에 適用되고 있다. 鑄造性・耐壓性이 우수하다.

2-2-2 高力鑄物用合金

Mg-Zn-Zr系의 ZK 51 A, ZK 61 A는 高力이며 強度를 모두 必要로 하는 경우에 이용된다.

ZK合金은鑄物用 마그네슘合金중에서 常溫에서의 機械的性質이 가장 우수하며 疲勞試驗用 하중 foil 및 航空機用 foil 등에 사용된다. 이合金은 Mg-Zn相이 形成되어 溶體化·뜨임熱處理에 의해 析出硬化하여 機械的性質이 향상된다. 아연은 또 Zr의 固溶限을 증가시킨다. Zr은 結晶粒 微細化의 目的으로 添加하지만 아연과 함께 強度를 향상시키는 동시에 microshrinkage를 減少시켜 健全한鑄物을 얻기 쉽게 한다.

Mg-Zn-Zr系의合金에 希土類 또는 Th을 소량 添加시킨合金이 ZE 41 A, ZH 62 A이다. 希土類元素 및 Th을 添加하면鑄物의 microshrinkage이 감소되어 健全성이 증가하지만 약간 強度가 저하한다. 최근 연구에서는 이合金을 水素氣流중에서 溶體化處理를 행하면 希土類의 水酸化物을 만들어, 이것이 matrix 중에 溶體化되어 希土類의 添加에 의한 強度의 저하가 방지되며, 鑄造性을 개선시킨 高力마그네슘合金鑄物의 생산이 가능하게 되었다.

K1A는 Zr을 0.6% 함유하는合金이다. 이合金의 機械的性質은 다른合金보다는 낮지만 예외적으로 減衰性이 커서 유용한 材料이다.

2-2-3 耐熱鑄造用合金

Mg-RE-Zr系의合金은 耐熱鑄物用으로써 가장 많

이 사용되는合金으로, EK 30 A, EK 41A, EZ 33 A, EK 31 XA, QE 22 A 등이 이 系列의合金이다. 250~300℃까지의 온도에 사용 가능하다. 이들의合金중 가장 鑄造性·耐壓性이 양호한 것은 EZ 33 A이며, 최근에는 航空機, jet-엔진 部品과 自動車用耐熱鑄物으로써 사용되기 시작했다.

QE 22 A는 銀을 2%, 希土類는 Ce를 함유하지 않은 Nd를 2%, Zr을 0.7% 함유시킨合金으로 Mg-

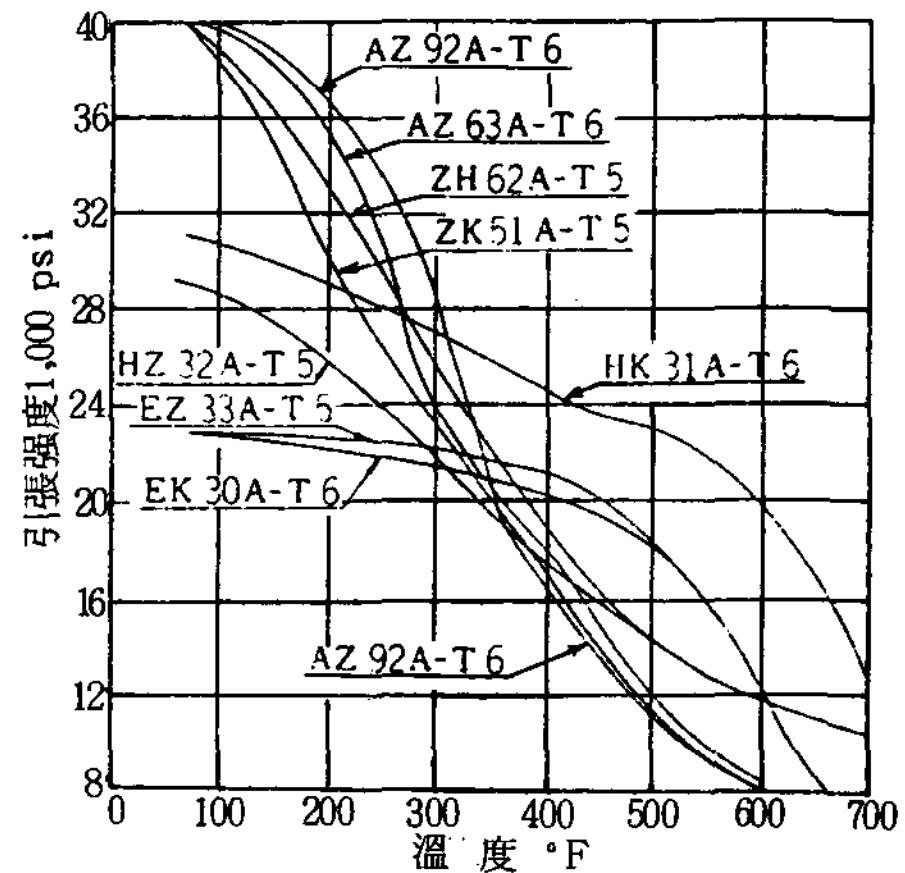


그림 3 각 마그네슘合金의 高溫引張強度

種別	合金	溫度 ℃	0.1% 全歪 時間 h			0.2% 全歪 時間 h			0.5% 全歪 時間 h			1.0% 全歪 時間 h		
			1	100	1,000	1	100	1,000	1	100	1,000	1	100	1,000
砂	AZ 63A-T 6	93	4.9	2.2	2.5	7.7	4.9	4.2	11.9	8.9	7.0	14.2	10.5	8.9
		148	3.5	1.8	1.1	5.6	2.8	1.8	8.9	4.9	3.5	9.9	8.1	4.2
		204	2.1	-	-	3.5	-	-	4.9	-	-	6.3	-	-
		260	1.0	-	-	1.4	-	-	2.1	-	-	2.8	-	-
		260	1.0	-	-	1.4	-	-	2.1	-	-	2.8	-	-
型	AZ 92A-T 6	93	4.0	3.5	2.8	8.5	5.6	4.9	13.3	9.1	7.7	16.1	11.5	9.8
		148	2.2	1.4	1.1	7.2	2.8	1.8	8.9	4.9	3.5	10.5	6.3	4.2
		204	1.3	0.3	-	2.8	1.0	-	4.9	1.8	0.7	6.3	2.1	1.1
		260	0.7	-	-	1.4	-	-	2.5	-	-	3.5	-	-
		260	0.7	-	-	1.4	-	-	2.5	-	-	3.5	-	-
鑄	ZK 51A-T 5	93	4.1	3.2	2.5	7.5	5.6	4.6	12.6	10.0	8.4	14.7	12.0	10.1
		204	3.3	2.1	1.5	5.5	3.5	2.6	9.0	6.4	5.0	11.0	8.1	6.3
		260	2.7	1.4	0.8	4.1	2.1	1.2	6.3	3.8	2.5	7.7	5.0	3.4
		93	4.5	3.8	3.0	8.4	7.5	6.1	14.0	11.4	9.5	17.4	13.9	11.8
		148	4.0	3.2	2.2	6.9	5.3	3.8	11.3	8.3	7.2	13.4	10.9	9.1
物	ZH 62A-T 5	204	3.0	1.8	1.2	6.3	2.5	1.5	7.5	3.8	2.3	9.7	5.0	2.8
		260	1.9	1.0	0.6	2.6	1.2	0.8	3.8	1.4	1.1	2.5	1.5	1.1
		204	4.2	3.5	2.8	7.0	5.6	3.5	9.1	8.9	4.9	10.5	7.7	4.9
		260	2.8	1.4	1.1	4.9	2.1	1.4	6.3	2.5	1.4	8.9	2.8	1.8
		315	1.4	0.7	0.7	2.1	0.7	0.7	2.8	0.7	0.7	2.2	1.1	0.7
鑄	EK 41A-T 5	204	-	-	-	4.9	5.6	4.9	8.9	7.0	4.9	9.9	7.7	5.6
		260	2.2	1.4	1.1	5.6	2.1	1.4	6.3	2.8	2.1	7.0	3.5	2.1
		315	1.8	0.7	0.4	2.5	0.7	0.7	2.8	1.1	0.7	3.5	1.4	0.7
		204	4.2	3.5	2.8	4.9	5.6	4.2	7.7	7.0	5.6	9.1	8.9	6.3
		260	2.2	1.4	1.1	5.6	2.1	1.4	6.3	2.8	2.1	7.0	3.5	2.1
鑄	EZ 33A-T 5	315	1.8	0.7	0.4	2.5	0.7	0.7	2.8	1.1	0.7	3.5	1.4	0.7
		204	4.2	3.5	2.8	4.9	5.6	4.2	7.7	7.0	5.6	9.1	8.9	6.3
		260	2.2	1.4	1.1	5.6	2.1	1.4	6.3	2.8	2.1	7.0	3.5	2.1
		315	1.8	0.7	0.4	2.5	0.7	0.7	2.8	1.1	0.7	3.5	1.4	0.7
		350	-	-	-	2.8	0.7	0.7	4.2	0.7	0.7	-	-	-
鑄	HK 31A-T 6	204	4.2	4.2	3.5	7.0	7.0	6.3	10.5	10.5	9.9	11.2	11.2	11.2
		260	3.5	2.5	2.1	7.0	4.2	2.8	9.9	7.0	4.9	11.2	8.8	5.6
		288	-	-	-	5.6	2.8	1.8	8.9	4.2	2.1	-	-	-
		315	2.8	1.4	0.7	4.2	2.1	0.7	7.0	2.5	0.7	8.9	2.8	1.1
		350	-	-	-	2.8	0.7	0.7	4.2	0.7	0.7	-	-	-
鑄	HZ 32A-T 5	204	4.2	3.7	3.4	5.9	5.4	5.2	7.1	6.9	6.9	7.7	7.7	7.3
		260	3.8	3.0	2.5	5.4	4.1	3.5	6.4	5.6	4.5	7.2	6.5	4.8
		288	-	-	-	4.7	3.2	2.8	6.1	4.7	3.4	-	-	-
		315	3.0	1.8	1.2	6.3	2.5	1.5	7.5	3.8	2.3	9.7	5.0	2.8
		350	-	-	-	3.5	1.4	0.5	4.3	1.8	0.9	-	-	-

表 6 마그네슘合金의 Creep 強度 kg/mm²

Mg-Th-Zr系合金은 350 ~ 370℃의 온도에서 사용 가능하다. 이들合金으로는 HK 31 A와 HZ 32 A가 있으며, 후자는 아연을 添加시켜 鑄造性を 개선시킨合金으로 高溫性能이 우수하다.

그림 3에 각종 마그네슘合金의 高溫 引張強度를 나타내었다. 또 表 6에 마그네슘合金의 Creep強度를 나타내었다. 각 耐熱合金은 200℃ 이상에서 다른合金보다 우수하다.

RE-Zr系의合金중 가장 強度·耐熱性이 우수한合金이다.

2-3 다이캐스팅용合金

마그네슘合金 다이캐스팅은 일반적으로 AZ 91 B (JIS MDC1)는 不純物으로써 銅이 0.3% 이하 -를 사용한다. 그러나 耐食性이 요구되는 경우에는 不純物을 제한한 AZ 91 A - 銅이 0.1% 이하 - 을 사용한다. 또 다이캐스팅에는 Be을 0.003% 添加시켜 溶解·鑄込時에 酸化를 방지한다.

이상 마그네슘合金鑄物에 그 一部를 설명하였으나, 추후에 마그네슘合金砂形鑄物과 마그네슘合金다이캐스팅에 관해서 추론하기로 하며 다소나마 이 분야에 종사하는 업체에 도움이 되었으면 한다.

國內外特許

1. 日特公 60-44061	精密鑄造用埋沒材組成物		
2. 日特公 60-39450	鑄型成型用の樹脂被覆砂粒		
3. 日特公 60-39451	鑄物砂의 再生方法		
4. 日特公 60-45023	鑄物用不飽和 포리에스텔樹脂被覆砂의 製造方法		
5. 日特公 60-43824	鑄物砂再生方法		
6. 日特公 60-48256	鑄型造型方法		
7. 日特公 60-48260	鑄型造型方法 및 그의 裝置		
8. 日特公 60-43820	自硬性鑄型用粘結劑의 製造		
9. 日特公 60-47029	凍結설鑄型製造方法		
10. 日特公 60-23899	流動自硬性 鑄型用離型劑		
11. 日特開 53-81430	鑄型成形法		
12. 日特開 53-71624	鑄型의 製作方法		
13. 日特開 53-71626	鑄型材料		
14. 日特開 53-71627	鑄型의 製作方法		
15. 日特開 53-71629	鑄型의 製作方法		
16. 日特開 53-81427	鑄型崩壞性的 改善方法		
17. 日特開 53-57123	Al 合金鑄物의 金型鑄造用		
			塗型材
18. 日特開 53-57124	Al 合金鑄物의	金型鑄造用	
		塗型材	
19. 日特開 53-43034	押湯保溫內張材		
20. 日特公 60-15417	輕合金鑄造用		
21. 日特公 60-15418	壓力鑄造用砂子の 製造方法		
22. 日特公 60-20111	셀볼드 造型法		
23. 日特公 60-18512	鑄物砂用 粘結劑組成物		
24. 日特公 60-18511	水溶性鑄型		
25. 日特公 60-20109	自硬性鑄型		
26. 日特公 60-20110	自硬性鑄型用粘結劑의 製造方法		
27. 日特公 60-24738	崩壞性鑄型用耐火材料		
28. 美國特許 4-415527	鐵紛의 脫黃法		
29. 美國特許 4-406712	Cu-Ni-Sn 合金의 熱處理法		
30. 美國特許 4-425958	低壓鑄造方法과 低壓鑄造裝置		
31. 美國特許 4-423764	改善된 中子 및 鑄型의 製造法		