

# アルミニウム合金 AC7A の減圧凝固試験と K モールド試験に及ぼす Si 量の影響\*

岩清水 康二\*\*、池 浩之\*\*、黒須 信吾\*\*

Al-Mg 系合金は、高耐食性と高靱性を有することから、自動車部品などとして需要が拡大している。しかし、鑄造現場においては、戻り材中の Si 量が増加する傾向にあることが分かった。そこで本研究では、Al-Mg 系合金中の Si 量が K モールド試験や減圧凝固試験に及ぼす影響について調べた。その結果、Si 量が増加すると、減圧凝固試験片中のポロシティ形態に若干の変化はみられるが、減圧凝固試験片の上部の膨らみに変化はなかった。K モールド試験では、Si 量が増加すると破断面が淡青色を呈し、延性が低下することが分かった。

**キーワード：** Al-Mg 系合金、Si 量、K モールド試験、減圧凝固試験

## Effect of silicon content on K-mold test and vacuum gas test of Al-Mg alloy (AC7A)

Koji Iwashimizu ,Hiroyuki Ike and Shingo Kurosu

Al - Mg based, alloys have high corrosion resistance, and are thus excellent materials for application requiring high toughness. As such, demand for this materials for use in automobile parts is growing. However, upon casting , the Si content of the return material of Al - Mg - based alloys tends to increase. To address this problem, the present study, examines how the Si content of Al - Mg - based alloys affects the K - mold test or vacuum gas test.As a result, upon varying the Si content, the porosity forms change, as manifested by a in the bulge at the top of the decompression coagulation test piece. In the K - mold test, the fracture - surface color changes to light blue with increasing Si content, and the ductility decrease.

**Key words:** Al-Mg alloy, Silicon content, K-mold test, Vacuum gas test

### 1 諸 言

アルミニウム合金は、自動車分野や産業機械分野において軽量化材として需要が増加している。特に、鑄造材 AC7A 材や展伸材 5052 材に代表される Al-Mg 系合金は、高耐食性、高靱性なことから今後更なる需要の拡大が見込まれている。

鑄造用 Al-Mg 系合金の AC7A は、これまで広く使用されている Al-Si 系合金と比較し、溶解時、酸化の傾向が強く、溶湯品質が低下しやすい。さらに、鑄造の現場では、鑄造後、製品部以外の湯口や湯道を戻り材として新塊合金と共に再溶解することから溶湯品質の安定化が課題となっている。このことから昨年度より AC7A の溶湯品質評価方法について調査を進めたところ、減圧凝固法、K モールド法を用いることで溶湯評価ができることを確認した。さらに、鑄造現場の戻り材には、Si がわずかに混入し伸びを低下させる傾向

にあることが分かった<sup>1)</sup>。

そこで、本研究では、AC7A に Si が混入した場合、減圧凝固試験や K モールド試験結果にどのような影響を及ぼすか調べた。

### 2 実験方法

実験は、表 1 に示す AC7A 新材、戻り材および電解 Si (99.7%) を用いて Si 量が 0%~4.5% となるように調整した。そして、抵抗式電気炉を用いて約 2.5 kg の材料を黒鉛るつぼにて溶解、750℃まで昇温の後、溶湯重量に対し 0.2% のフラックスを添加し脱滓処理と Ar ガスによる脱ガス処理後 10 分の沈静を行った。そして、減圧凝固試験および K モールド試験の各試験片を採取した。

減圧凝固試験は、試験用小るつぼに溶湯を 85 g 採取し、装置真空チャンバ内で 5.3kPa の減圧下で凝固させ

\* 平成 27 年度 自動車軽量化に資するものづくり基盤技術データベース構築事業

\*\* 素形材技術部

た。減圧凝固試験後に取り出した凝固試験片は、試験片の中央部から切断、切断面を#600のエメリー紙で研磨仕上げした後、組織を目視観察さらに鏡面仕上げを行い光学顕微鏡で観察した。

Kモールド試験片は、Kモールド鋳型に試験片を採取し、試験片を破断、破断面の確認を行った。

表1 溶解した合金の成分

		(mass%)						
	Cu	Si	Mg	Zn	Fe	Mn	Ti	Al
新材	0.006	0.076	4.45	0.010	0.118	0.004	0.013	rem
戻り材	0.008	0.364	4.12	0.010	0.116	0.004	0.015	rem

(固体発光分光分析による)

### 3 実験結果と考察

#### 3-1 減圧凝固試験による結果と考察

表2 作成した試験片の分析結果

		(mass%)						
Si目標	Cu	Si	Mg	Zn	Fe	Mn	Ti	Al
-	0.006	0.08	4.41	0.01	0.12	0.01>	0.01	rem.
0.1	0.005	0.09	4.38	0.01	0.12	0.01>	0.01	rem.
0.2	0.004	0.22	4.23	0.01	0.12	0.01>	0.01	rem.
0.3	0.006	0.28	4.11	0.01	0.11	0.01>	0.01	rem.
0.4	0.007	0.38	4.11	0.01	0.12	0.01>	0.02	rem.
1.0	0.006	1.00	4.36	0.01	0.12	0.01>	0.02	rem.
4.5	0.004	4.53	4.42	0.01	0.11	0.01>	0.02	rem.

(固体発光分光分析による)

表2は、作成した合金の成分分析結果を示す。これによると、添加したSiは目標とした組成に近い値を示している。しかし、Mgは、新材に対して、Si量を変化させた溶湯中のMg量が4.11%~4.54%とばらついた。これは、Mgは酸化傾向が高いためと考えられる。

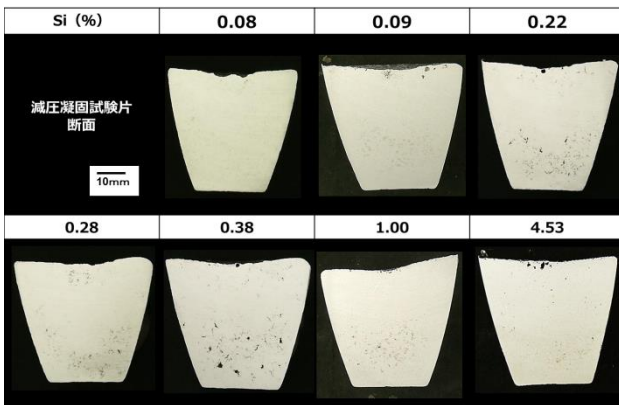


図2 Si量の違いによる減圧凝固試験片

図2には、採取した減圧凝固試験片の断面写真を示す。すべての試験片上部は、ふくらみが確認できないことから、溶湯中のガス量は低いと考えられる。さらに、Si量が0.38%まで増加すると試験片下部には引けに近いポロシティが発生した。しかし、Si量が1.00%、4.53%とさらに増加すると試験片下部のポロシティは少なくなる傾向を示した。

図3は、凝固組織を確認するため図2の試験片を5%塩化第2銅溶液にてマクロエッチングしたものを示す。これによると、Si量0.08%~1.00%の試験片断面のマクロ組織に大きな差は確認できないがSi量4.53%の試験片組織は、Si量0.08%~1.00%の試験片と比較し結晶粒が大きく成長していた。

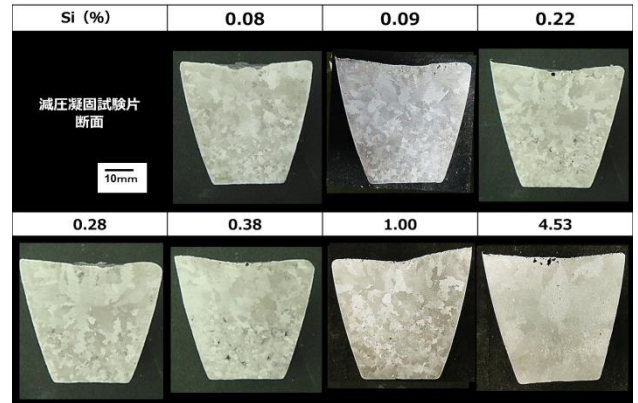


図3 減圧凝固試験片のマクロエッチング結果

図4は、図3のマクロ組織の違いを確認するため、光学顕微鏡により観察した結果を示す。これによると、Si量が0.08%の場合、 $\alpha$ -Alの粒界には、わずかに $Al_3Mg_2$ と思われる晶相が確認できる。しかし、Si量0.22%となると粒界には、 $Al_3Mg_2$ と $Mg_2Si$ と推測される骸骨状の組織が確認でき、Si量の増加とともにそれらが増加する傾向にある。

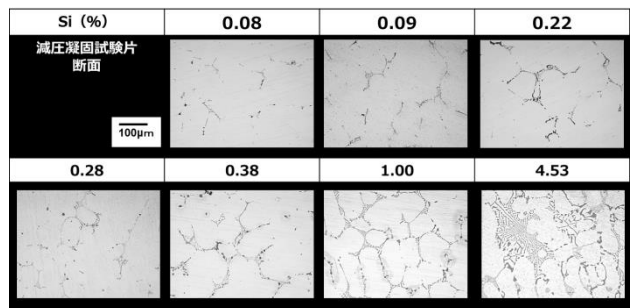


図4 減圧凝固試験片の光学顕微鏡による組織観察結果

#### 3-2 Kモールド試験による結果と考察

図5は、Si量の違いによるKモールド試験片破断面の写真を示す。これによると、Si量の増加とともに、破断面が粗くなり、また、破断面の色が淡青色に変化する傾向がある。この現象を確認するためKモールド試験片の一部を切断、研磨し、光学顕微鏡で組織観察を行った結果を図6に示す。これより、図4と同様にSi量が増加するとともに、組織中の $\alpha$ -Alの粒界に $Al_3Mg_2$ と $Mg_2Si$ と推測される金属間化合物が確認できる。Si量が0.1%程度の場合、 $\alpha$ -Alは成長し、Kモールド破断時に粒内破壊すると考えられる。しかし、Si量の増加とともに粒界に $Al_3Mg_2$ と $Mg_2Si$ が生成することで

$\alpha$ -Al の成長を妨げ、破断面の粗さが細かくなると考えられる。さらには、これら金属間化合物の増加が伸びの低下など機械的性質に影響を及ぼすと考えられる。

また、破断面の色の変化については、 $Mg_2Si$  は固有の淡青色を有するとの報告がある<sup>2)</sup>ことから、破断面上の  $Mg_2Si$  量が増加したことで、淡青色が強くなったものと考えられる。

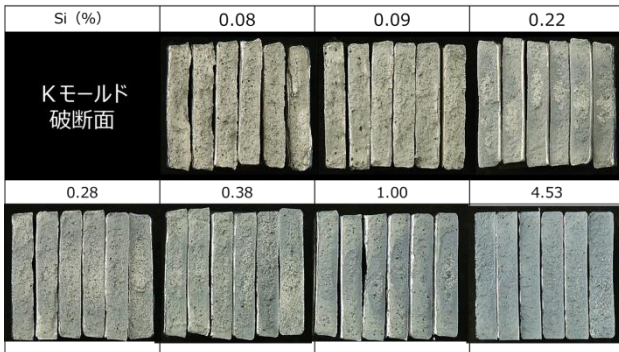


図5 Si 量の違いによる K モールド試験片破断面

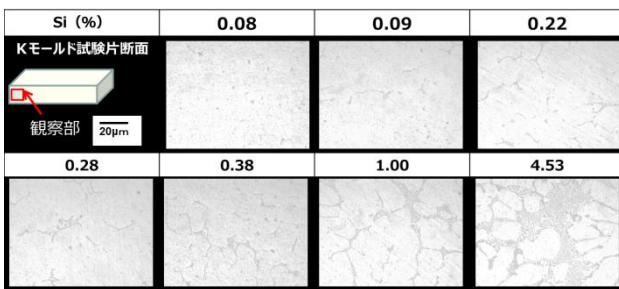


図6 K モールド試験片組織観察

#### 4 結 言

本研究においてアルミニウム合金 AC7A 中の Si 量が K モールド試験、減圧凝固試験に及ぼす影響を調べた。その結果、以下の結論が得られた。

- ・Si 量が増加すると減圧凝固試験片の内部に若干のポロシティが確認できるが、上部の膨らみに変化はない。
- ・Si 量が増加すると、結晶粒界に  $Al_3Mg_2$  および  $Mg_2Si$  と推測される金属間化合物が晶出し、合金の延性低下など機械的性質に影響を及ぼす。
- ・Si 量が増加すると、K モールドの破断面は粗さが細かくなり、淡青色を示す。これは、 $Mg_2Si$  の増加によるものと考えられる。

#### 文 献

- 1) 岩清水康二、池浩之、黒須信吾、内海宏和、斎藤孝実：(公社)日本鑄造工学会第 167 回全国講演大会講演概要集, P41 (2015)
- 2) 例えば、金属組織写真集 非鉄材料編：(社)日本金属学会、P30 (1972)