研究報告

Al-Zn-Mg 系合金に関する研究 (第3報)

森 永 卓 一* 高 橋 恒 夫** 山 下 順 一 郎***

A study on the Al-Zn-Mg alloys (3rd Report)

(UDC 669·715'5'721-14)

MORINAGA Takuichi* · TAKAHASHI Tsuneo** · YAMASHITA Junichiro***

A study was made to explain the effects of Cr and Mn on the mechanism of aging and anti-corrosion properties of Al-Zn-Mg permanent mould casting alloys; the one containing 3% Zn and 1.8% Mg as basemetal and the others containing further 0.3% Cr and 0.3% Cr+0.5% Mn being added to the basemetal.

The results obtained are summarized as follows:

(1) In the experiments of the natural aging at room temperature, hardness approximately approaches to a stable state since 28~35 days after the casting.

Hardness of the alloys of the basemetal-Cr and basemetal-Cr-Mn is slightly higher than that of the basemetal.

(2) In the T5 treatment, the peak value of strength is obtained by the treatment for 12hr at 160°C.

(3) In the measurement of electrode-potential, high potential is obtained by the alloy of Cr and Mn addition on by heat-treatment. The potential of 3% Zn-1.8% Mg system alloys is higher than that of 4% Zn-2% Mg system alloys.

It is expected that the above experimental results would be helpful to the future studies on welding structural alloys.

(Received May 12, 1965)

1. 緒 言

著者らはさきに金型鑄造した鋳物用 Al-Zn-Mg 系合金の Zn4%, Mg2%およびこれに Cr, Mn を少量添加した合金について種々の熱処理を行ない, Cr, Mn の時効特性ならびに耐食性におよぼす影響と熱処理条件の影響について実験を行なった。その結果機械的性質は Cr, Mn を添加したものがすぐれており, 溶体化処理後の時効は, 鋳物用合金として170°C処理よりも120°C 処理が硬さ, 引張強さが良いことがわかり, 耐食性は Cr, Mn を添加したものがすぐれていることを報告した⁽¹⁾。本報では, Zn 量を少なくした Zn3%, Mg1.8% とそれを基に Cr および Cr, Mn を添加した合金について, 常温時効ならびに種々の温度で焼もどし処理を行ない, Zn 量および Cr, Mn の時効特性, 耐食性におよぼす影響⁽²⁾⁽³⁾と熱処理条件⁽⁴⁾⁽⁵⁾⁽⁶⁾についてしらべた。

2. 試 料

実験に用いた材料は 99.85%Al 地金と Mg, Zn はおのおの99.9%を, また Cr, Mn はおのおの 10%Al 母合金を使用して, 内面をアルミナライニングした黒鉛ルツボ

を用い100°Cに保温されたJIS 金型に鑄込温度700°Cで鑄造し実験に供した。なお引張試験片は JIS 4 号試験片を使用し, 硬さ試験は 20φ×10 t を使用した。試料の分析結果を **Table 1** に, また参考までに前報の試料の分析結果を **Table 2** に示した。

Table 1 Chemical composition of samples.

Composition Samples	Chemical composition (wt%)					
	Zn	Mg	Cr	Mn	Si	Fe
1	2.82	1.74	<0.01	<0.01	0.06	0.14
2	2.88	1.66	0.32	<0.01	0.07	0.14
3	2.86	1.60	0.35	0.50	0.07	0.14

Table 2 Chemical composition of samples.

Composition Samples	Chemical composition (wt%)					
	Zn	Mg	Cr	Mn	Si	Fe
A	3.64	1.96	—	—	0.050	0.15
B	3.91	1.83	0.34	—	0.055	0.17
C	3.92	1.85	0.34	0.50	0.056	0.18

* 東京工業大学教授 工博 Prof., Tokyo Institute of Technology, Dr. Eng.

** 東京工業大学助教授 工博 Assist. Prof., Tokyo Institute of Technology, Dr. Eng.

*** 東京工業大学 Tokyo Institute of Technology.

Fig. 1 Change of hardness during aging at room temperature.

Fig. 3 Change of hardness during tempering at 80°, 100°, 130° and 160°C.

Fig. 2 Change of mechanical properties during aging at room temperature.

3. 実験方法

3.1 時効硬化に関する試験

鑄造後 (a) 常温時効を行なった時、(b) T5 処理として 80, 100, 130 および 160°C での 4 ~ 16 hr 焼もどし処理を行なった時の耐力、引張強さ、伸びならびにロックウェル硬さを処理直後に測定した。なお実用的な意味で焼もどし処理は鑄造後 3 week 常温時効をしてから行なった。

3.2 耐食試験

鑄造材ならびに焼もどし処理を行なった試料について静的耐食性を調べる目安として室温で陽極電位を 3% 食塩水を用い、飽和甘汞電極値として測定した。

3.3 X線回折試験

X線回折は試料 No. 1, No. 2, No. 3 おおの鑄造後 21 day 間常温時効を行なった試料と、130 および 160°C での 4 ~ 16 hr 焼もどし処理を行なったものについて (331), (420) 面だけに着目して X線回折試験を行なった。撮影条件は Cu K α で 40kV, 17mA, Scale Factor 16, Time const. 4, Speed 2 θ /min である。

4. 実験結果

4.1 鑄造のまま常温時効した時の変化

鑄造のまま常温時効した時の硬さの変化を **Fig. 1** に点線で示した。硬さ変化は 28 ~ 35 day 頃よりほぼ安定してくるが、なおわずかな硬さは上昇を示し、各試料の硬さは No. 1 試料で HRF66, No. 2 試料が HRF71, No. 3 試料が HRF75 を示し、Cr, Mn を添加した No. 3 試料が高い値を示した。なお前報の Zn4%, Mg2% ならびにこれに Cr および Cr, Mn を添加した試料 A, B, C についての硬さ変化を実線で示したが、これを比較すると始めの時効速度が大変遅く全般的に低い硬さを示す。これより Zn は硬さならびに時効硬化速度に対する寄与の大きいことがわかる。つぎに鑄造後 3 day ならびに 28 day 間常温時効を行なった時の機械的性質の変化を **Fig. 2** に示した。耐力、引張強さの変化をみると硬さの変化と同様試料 No. 3, No. 2 No. 1 の順に高い値を示し 28 day 間時効で No. 1 試料は耐力 11.6kg/mm², 引張強さ 21.9 kg/mm², 伸び 25%, No. 2 試料は耐力 12kg/mm², 引張強さ 24.15 kg/mm², 伸び 23% を示し No. 3 試料は耐力 12.7kg/mm², 引張強さ 25.2kg/mm², 伸び 25% を示した。

4.2 焼もどし処理の結果 (T5 処理)

焼もどし温度 80, 100, 130 および 160°C での 4, 8, 12 および 16 hr 処理を行なった時の硬さ変化を **Fig. 3**

Fig. 4 Change of mechanical properties during tempering at 80°, 100°, 130° and 160°C.

Fig. 5 Change of hardness during tempering at 80°, 100°, 130° and 160°C for respective samples.

Fig. 6 Change of mechanical properties during tempering at 80°, 100°, 130° and 160°C for respective samples.

に示した。硬さ変化をみると80, 100および130°C処理はいずれも処理時間とともに硬さは増しているが, 160°C処理では12 hr処理を頂点としてそれ以後は減少の傾向

Fig. 7 Change of hardness during tempering at 100°C.

Fig. 8 Change of hardness during tempering at 130°C.

を示す。Cr, Mnを添加した No. 3 試料が一番高い値を示した。つぎに機械的性質の変化を Fig. 4 に示した。耐力, 引張強さはほぼ硬さの変化と同じ傾向を示し, 160°C, 12 hr 処理で No. 1 試料は耐力12.4kg/mm², 引張強さ 22.9kg/mm², 伸び13%で, No. 2 試料は耐力 15.9 kg/mm², 引張強さ 25.2kg/mm², 伸び15%を, No. 3 試料は耐力 16.6kg/mm², 引張強さ 26.1kg/mm², 伸びは17%を示し, Cr, Mn を添加した No. 3 試料が耐力, 引張強さ, 伸びともにすぐれていた。以上の結果を観点をかえ試料別の処理時間による硬さ変化および機械的性質の変化をおおの Fig. 5, Fig. 6 に示した。おのおのの変化をみると硬さ, 引張強さ, 耐力はいずれも No. 3 試料がよく, 熱処理条件として160°C, 12 hr 処理のすぐれていることがわかる。つぎに前報の Zn4%, Mg2%系の試料と今回の Zn3%, Mg1.8% 系試料の100および130°C, 焼もどし処理の硬さ, 機械的性質の変化をFig. 7, 8, 9, 10, に示した。いずれも Zn 量の少ない今回の実験値が低いことがわかる。また Cr, Mn を添加した試料が高い値を示している。本系の合金の時効過程については多く

Fig. 9 Change of mechanical properties during tempering at 100°C.

Fig. 10 Change of mechanical properties during tempering at 130°C.

Fig. 11 Change of electrode potential-time (static state).

Fig. 12 Effect of heat treatment on electrode potential.

Photo. 1 X-ray diffraction result on the specimen No. 1, No. 2 and No. 3.

- (a) 21 days' aging at room temperature for as-cast specimen.
- (b) Heat treated for 4 hr at 130°C.
- (c) Heat treated for 16 hr at 130°C.
- (d) Heat treated for 4 hr at 160°C.
- (e) Heat treated for 12 hr at 160°C.
- (f) Heat treated for 16 hr at 160°C.

の研究がなされているが、Cr, Mn が機械的性質を良くすることが明らかである。

4.3 耐食試験結果

静的耐食試験の目安として陽極電位の測定を飽和甘汞電極を用い3%食塩水中で行なった。鑄造材の時間による電位変化を **Fig. 11** に示した。実線は今回の Zn3%, Mg1.8%系試料で点線は前報の Zn4%, Mg2% 系試料の変化である。今回の試料について浸漬後5 day 目の電位をみると、No. 1試料は -0.9595V , No. 2, 試料は -0.9150V , No. 3 試料は -0.8525V を示しており、Cr, Mnを添加した No. 3 試料が高い電位を示し、前報の Zn 量の多い試料は全般的に今回の試料にくらべ低い電位を示し、Zn の電位に対する影響の大きいことがわかる。つぎに熱処理の陽極電位におよぼす影響を **Fig. 12** に示した。電位は鑄造材と同様 No. 1, No. 2, No. 3 試料の順に低い電位を示し、熱処理温度の上昇とともに漸次高電位となり、 160°C 12 hr 処理で急激に上昇する。なお浸漬時間の経過による電位の変化は、80および 100°C 処理においては少ないが、 130°C , 160°C 処理した試料においては時間の経過とともに電位は低下する傾向を示すが、なお鑄造材および80および 100°C 処理材にくらべ高い電位を示す。

4.4 X線回折試験結果

試料 No. 1, 2, 3 の鑄造後21 day 間常温時効を行なった時と、 130 および 160°C でおのおの4~16 hr焼もどし処理を行なったものについてのX線回折結果を **Photo. 1** に示した。各試料の各条件における Al 高次の面(420)(331)面の回折をみると鑄造のままでは回折線に幅があり、これは主として鑄造歪によるものと考えられ、熱処理時間が長くなるにつれ、また温度が高い 160°C では $K\alpha_1$ と $K\alpha_2$ の回折線が分離してきており、内部歪が除かれてきていることがわかる。Cr および Cr, Mn を添加した試料では $K\alpha_1$ と $K\alpha_2$ の分離が明らかではない。

5. 総 括

金型鑄造した Al-Zn-Mg 系合金の Zn 量の少ない Zn

3% Mg 1.8%系合金とこれに Cr および Cr, Mn を添加した合金について、常温時効、焼もどし処理を行ない、Zn 量ならびに Cr, Mn の影響と熱処理条件について調べた結果次のようなことが明らかになった。

(1) 鑄造のまま常温時効を行なった場合約 4~5 week でほぼ安定になり、硬さ、機械的性質は Cr, Mn を添加した試料が高い値を示した。前報の Zn4%, Mg2%に比べ、Zn 量の少ない場合全般的に低い値を示し、時効硬化速度がおくれ、Zn は硬さならびに機械的性質、時効速度に対する寄与の大きいことがわかった。

(2) 焼もどし処理においては 160°C , 12 hr 処理が耐力、引張強さは最高値を示したが、それ以上の処理では過時効を受け硬さ、機械的性質は低下する。

(3) 陽極電位は Cr および Cr, Mn を添加すると高電位を示し、鑄造材は熱処理により高電位となる。前報の Zn 4%, Mg 2%系試料にくらべると全般的に高電位を示しており、これより熱処理ならびに Zn 量の耐食性に対する影響がわかる。

終りに臨み本研究の材料を提供下さった日本軽金属株式会社、鑄造に際しご尽力下さった春元鑄造株式会社に衷心より感謝の意を表します。なお本研究は軽金属奨学会の研究資金の援助により遂行されたことを記して謝意を表します。

参 考 文 献

- 1) 日本金属学会第55回大会に発表 (39—10)
森永, 高橋, 山下
- 2) I. J. Polmer, P. Scott-Young: J. Inst. Met. (1958) 69.
- 3) G. Thomas, J. Nutting: J. Inst. Met., 88 (1959) 82.
- 4) I. J. Polmer, J. Inst. Met., 86 (1957) 113.
- 5) R. Grof, Compt. rend., (1956) 242, 1311.
- 6) W. Köster and K. Kam, Z. Metall kunde, (1938) 30, 320.