

マグネシウム合金における機械的性質の改善

芳賀 武* 宮尾芳一** 青木博夫*** 長坂明彦****

Improvement of Mechanical Property in Magnesium Alloys

Takeshi HAGA, Yoshikazu MIYAO, Hiroo AOKI and Akihiko NAGASAKA

Since Magnesium is light and abundant resource, it has attracted attention in recent years. However, Magnesium has the fault of being very soft, and in order to improve it, it is necessary to add other metallic elements. This research aimed at improving and raising the mechanical properties of a Magnesium alloy by adding other metallic elements.

Research showed that what has the high rate of addition of Aluminum showed the character which was excellent as a casting. Also it turned out that what has the high rate of addition of Zirconium showed the character which was excellent as elongation.

キーワード：マグネシウム，引張強度，硬さ，衝撃値

1. はじめに

マグネシウムは比重 1.74 (アルミニウムの3分の2, 鉄の4分の1)と実用金属中最も軽く, 鉱物として地殻組成の2.5%を占め, 海水にも0.13%溶解している地球上で6番目に豊富な金属である。このように軽量であることと資源が豊富であることから, マグネシウムは次代を担う工業用材料として注目されている¹⁾。実用的には, 他金属元素を添加してマグネシウム合金として自動車部品, 携帯電話やテレビのカバーなど, 主に軽量化を目的とした構造用新素材として強いニーズがある²⁾。

マグネシウムは実用金属中最大の振動吸収性(減衰能)を有し, 切削性, 耐くぼみ性, 比強度, 比剛性に優れており, リサイクルして再利用することができる環境にも優しい材料である³⁾。

しかし, マグネシウムは非常に柔らかいため構造材には適さず, 耐食性が非常に劣るうえ, 雰囲気と反応して酸化燃焼しやすいという欠点がある⁴⁾。

これらの欠点を補うため, 他の金属元素を添加する

ことによりマグネシウム合金の機械的性質を改善, 向上させることを本研究の目的とした。

2. 試料と試験片の作製

表1に作製した試料の組成を示す。ここでマグネシウムに対する添加元素の影響は次のとおりである。

Al : 機械的性質を改善する。

Ni : 耐食性を改善する。

Zn : 耐食性, 強度を改善する。

Zr : 結晶粒を小さくする。

上述の元素を適正量添加し, 鋳造した材料を150×60×9.5(mm)の寸法になるようにフライス盤で加工し, 電気炉内で400℃前後に加熱してから, 1回の圧下量約0.2mmずつ熱間圧延する。これを繰り返す。厚さが4mm以下にした。

溶体化処理は, シリコンオイルの雰囲気中で400℃,

表1 試料の種類

| | |
|---|----------------|
| ① | 100%Mg |
| ② | 100%Al |
| ③ | Mg-9%Al-1%Zn |
| ④ | Mg-10%Al-2%Zn |
| ⑤ | Mg-6%Al-0.5%Zr |
| ⑥ | Mg-6%Zr-0.5%Zn |
| ⑦ | Mg-6%Al-0.5%Ni |

* 電子制御工学科教授

** 機械工学科教授

*** 電気工学科教授

**** 機械工学科助教授

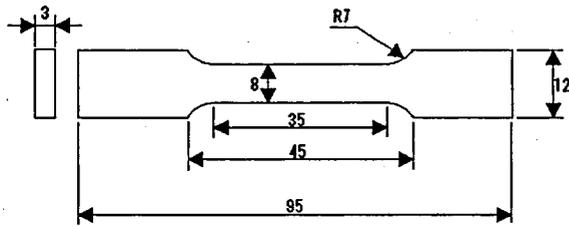


図1 引張試験片

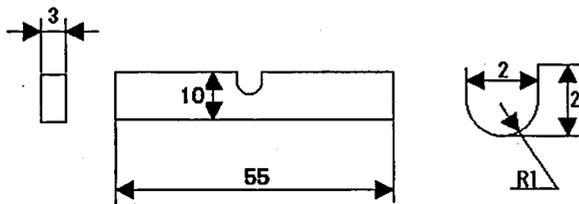


図2 衝撃試験片

30 分間保持し、溶体化処理を行いその後空冷した。

つぎに、圧延し溶体化処理した材料を NC フライス盤で切削し、図1に示すような試験片を作製した。

また、圧延し、溶体化処理した材料をマイクロカッターで切削し、図2に示すような試験片を作製した。試験片の中央部には2 mmのU字型の溝が入っており、これはフライス盤で加工した。

3. 実験方法

3-1 引張試験

作製した試験片を5 t用引張試験機を用いて5mm/secの速度で引張試験を行った。

3-2 硬さ試験

鑄込んだ材料の横断面の硬さをピッカース硬度計で測定した。測定は5ヶ所行い、その平均値をとった。

3-3 衝撃試験

作製した試験片をシャルピー衝撃試験機を用いて常温において衝撃試験を行った。これにより吸収エネルギーを求め、そこからシャルピー衝撃値を求めた。

4. 実験結果および考察

4-1 引張試験

引張試験の結果を見ると、試験を行っていない材料があるが、その理由は次のとおりである。

②100%Al : Mg合金とは試験片の規格が異なり、比較をすることができなかったためである。

④Mg-10%Al-2%Zn : 圧延する際に材料全体にひ

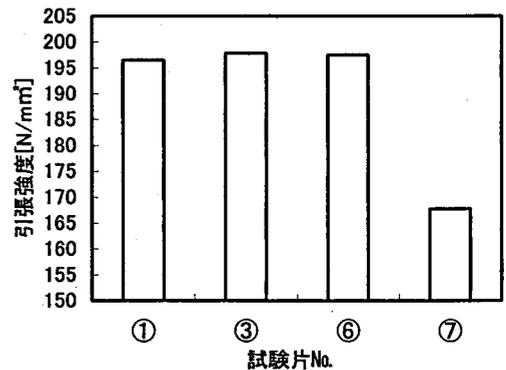


図3 引張強度

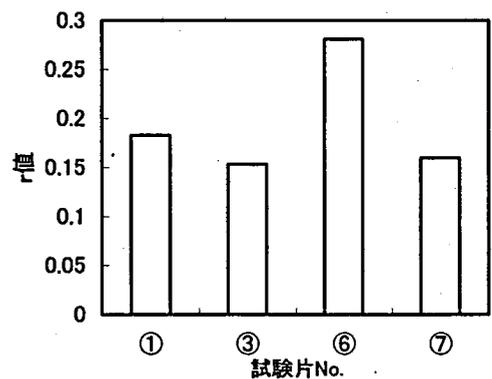


図4 r 値

びが入ってしまい、まったく圧延することができず、試験片を作製することができなかったためである。

⑤Mg-6%Al-0.5%Zr : フライス盤で切削する際に失敗をしてしまったためである。

4-1-1 引張強度

図3に引張試験により求めた引張強度値を示す。図3より、材料③Mg-9%Al-1%Zn、⑥Mg-6%Zr-0.5%Znが約198N/mm²と、特に高い値を示した。なお、材料③はJISなどで規格化されている合金である。

材料⑦Mg-6%Al-0.5%Niは、強度が特に低くなっている。試験後に試験片の破断面に鑄造時に巻き込んでしまったスラグを確認することができた。これが原因で強度が低くなってしまったと思われる。

4-1-2 r 値

r 値とは、塑性加工ひずみ比のことで、これは成形性、加工性の良さを示す値である。

図4に引張試験によって求めたr 値を示す。標点間距離は試験片の破断後のものであり、試験前の標点間距離はすべて35.0mmである。

図3より、材料③Mg-9%Al-1%Zn、⑥Mg-6%Zr-0.5%Zn

が約 198N/m²と、特に高い値を示した。なお、材料③は JIS など規格化されている合金である。

材料⑦Mg-6%Al-0.5%Ni は、強度が特に低くなっている。試験後に試験片の破断面に鑄造時に巻き込んでしまったスラグを確認することができた。これが原因で強度が低くなってしまったと思われる。

図 4 の r 値において、材料⑥Mg-6%Zr-0.5%Zn が 0.28 と試験した材料の中では高い値を示した。これは、Zr の添加によってある程度、結晶粒が微細化されたためであると思われる。

Al の添加率が高い材料③Mg-9%Al-1%Zn では 0.15 と値が低かった。

なお、一般的に 100%Al は r 値が 0.3~0.6 とされている⁵⁾ので、Mg 合金は r 値が低く、加工性があまり良くないということがわかった。

4-1-3 伸び値

伸び値とは、引張試験時にどれだけ試験片が伸びたかを示す値である。

図 5 に引張試験によって求めた伸び値を示す。なお、標点間距離は試験片の破断後のものであり、試験前の標点間距離はすべて 35.0mm である。

図 5 より、Zr を添加した材料⑥Mg-6%Zr-0.5%Zn が 11.43[%]と高い値を示した。

①100%Mg の伸び値も 10.86[%]と高く、Al の添加率が高い材料③Mg-9%Al-1%Zn は 2.86[%]と低い値を示した。また、材料⑦Mg-6%Al-0.5%Ni の値が低くなっているのは鑄造時に巻き込んでしまったスラグが原因であると思われる。

4-1-4 絞り値

絞り値とは、試験片の伸びた(破断した)部分の断面積の減少の割合である。

図 6 に引張試験によって求めた絞り値を示す。図 6 より、材料⑥Mg-6%Zr-0.5%Zn が 20[%]と高い値を示した。各材料間の値の相互関係は伸び値と同じよう

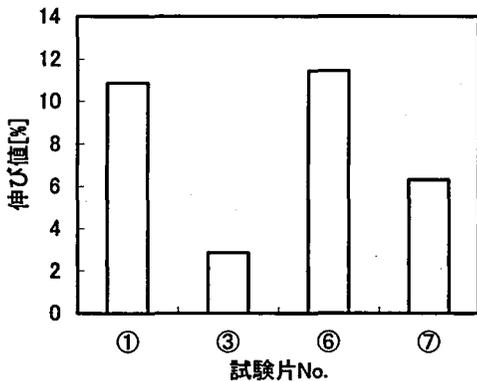


図5 伸び値

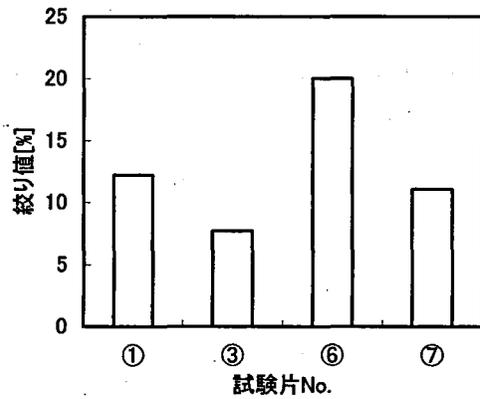


図6 絞り値

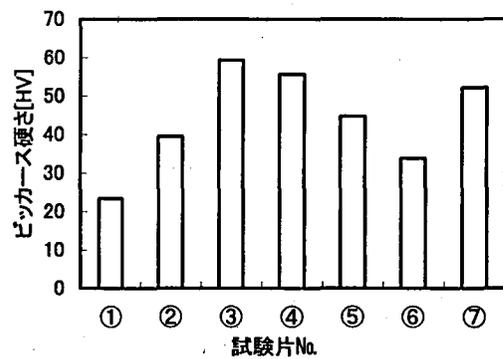


図7 硬さ試験結果

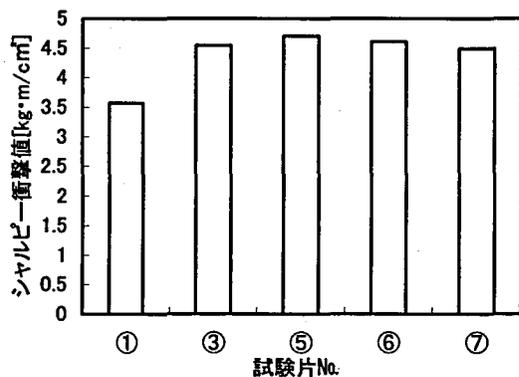


図8 シャルピー衝撃値

な関係を示した。

4-2 硬さ試験

図 7 に硬さ試験の結果を示す。図 7 より、Al の添加率の高い材料③Mg-9%Al-1%Zn、④Mg-10%Al-2%Zn の硬さが 55~60[HV]と特に高い値を示した。しかし、③より Al 添加率の高い④の方が硬さが低くなってい

ることから、添加率を増やせばそれに比例して性質が向上する訳ではないということがわかった。

Zr を添加した材料⑤ Mg-6%Al-0.5%Zr , ⑥ Mg-6%Zr-0.5%Zn は、100%Mg よりも硬さは向上したが、その他の Mg 合金と比べると低い値になった。特に Zr 添加率の高い材料⑥Mg-6%Zr-0.5%Zn の値が低かった。

100%Mg に他金属元素を添加することにより、硬さが 1.5~2.5 倍と飛躍的に向上した。

4-3 衝撃試験

図 8 に衝撃試験の結果を示す。図 8 より Zr を添加した材料⑤Mg-6%Al-0.5%Zr, ⑥Mg-6%Zr-0.5%Zn が高い値を示した。これは、Zr の添加によって結晶粒が微細化されたためであると思われる。

①100%Mg に比べると、他金属元素を添加することにより、シャルピー衝撃値が 1.3 倍程度上昇した。

5. 結論

前述したように、Al の添加率の高い材料③ Mg-9%Al-1%Zn, ④Mg-10%Al-2%Zn は硬さ試験において高い値を示した。しかし、材料④ Mg-10%Al-2%Zn は圧延する際に材料全体がひび割れてしまい、まったく圧延することができなかった。材料③Mg-9%Al-1%Zn は圧延することはできたが、材料の表面と端の方にひびが入ってしまった。

そこで、この二つの材料について圧延できたのと、圧延できなかったのにはどのような違いがあるか、 casting 時に不純物などが発生したのではないかというこ

とを調べるために、X線回折試験によって材料③, ④の組成成分を調べた。

しかし、二つの材料の組成成分に特に大きな違いは見られず、铸造によってひび割れの原因となるような成分が発生したということにはなかった。このことから、Al の含有率の高い Mg 合金は铸件としては優れた性質を示すが、加工性に劣るため、展伸材には不向きであることがわかった。

引張試験、衝撃試験では Zr を添加した材料⑤ Mg-6%Al-0.5%Zr, ⑥Mg-6%Zr-0.5%Zn が高い値を示した。これは、Zr の添加によって結晶粒が微細化されたためである。しかし、材料⑤, ⑥は材料を圧延する前の铸件で行った硬さ試験では、あまり良い値を得ることができなかった。これより、Zr を添加して結晶粒を微細化することにより展伸材として優れた性質を示すことがわかった。

参考文献

- 1) 石原正仁, 佐草信之: 機械と工具, pp23-31 (1991年)
- 2) 渡辺博行, 細川裕之, 向井敏司, 相澤龍彦: まてりあ, 第 39 巻, 第 4 号, pp.347-354(2000年)
- 3) 水野進: 99 マグネシウムマニュアル, 日本マグネシウム協会, (1999年)
- 4) 秋山茂, 上野英俊, 坂本満 他: まてりあ, 第 39 巻, 第 1 号, pp.72-74(2000年)
- 5) 湯本誠治, 前田俊明, 昆野忠康: 基本機械工作 (I), 日本工業新聞社, p178(1998年)