

真空蒸留精製した高純度マグネシウムの特性

井上 誠* 高廣 政彦* 川淵 浩之** 島 政司*** 岩井 正雄*

Characteristics of High Purity Magnesium Refined by Vacuum Distillation

INOUE Makoto* TAKAHIRO Masahiko* KAWAFUCHI Hiroyuki**
SHIMA Masashi*** IWAI Masao*

In this study, as a process applicable also to recycling, the commercial magnesium alloy was used as materials, the obtained condensation thing was melted and cast in the high frequency power for vacuum melting furnace after vacuum distillation refining, and a mechanical property and corrosion resistance were investigated. The Vickers hardness number of the casting material of 4N becomes small 10 orders compared with the casting material and extrusion material of 3N. Although the ultimate tensile strength and 0.2% proof strength of casting material of 4N became small compared with the casting material of C-3N, growth becomes large about 5% with a little less than 20%. The corrosion rate of the casting material of 4N does not change with a commercial magnesium alloy, but becomes quite small compared with the casting material of C-3N.

Keyword: High purity magnesium / Corrosion resistance / Mechanical properties / Castings

1. 緒言

マグネシウム合金は、軽量性、リサイクル性などに優れた特性を持つ¹⁾ことから、近年、携帯用電子機器の筐体として、需要が増加傾向にある。需要の増加にともない廃棄物の増加が予測され、切削切粉を用いた有効な再利用方法が検討されている²⁾。マグネシウムの再生のためのリサイクルエネルギーは、新地金精錬時における生産エネルギーの約4%程度で済むという報告もあり³⁾、省エネルギー効果も大きい。

マグネシウムが構造材として再利用される場合、耐食性の観点から不純物元素が問題となるが、本研究室では、市販のMg-Al-Mn系合金を原料とし、

真空蒸留精製により、純度99.99%以上の純マグネシウム（以下、4Nと記す）凝縮物を回収するプロセスの検討を行ってきた⁴⁾。また、マグネシウムは、主としてアルミニウムなどを添加した合金が用いられており、純マグネシウムの機械的特性がほとんど調査されていないのが現状である。

そこで本研究では、リサイクルへも適用できるプロセスとして、市販のマグネシウム合金を原料とし、真空蒸留精製後、得られた凝縮物を高周波誘導真空溶解炉にて溶解・ casting し、機械的特性および耐食性を調査した。

2. 実験方法

市販のAM系(Mg-Al-Mn)合金地金を真空蒸留精製し、得られた純度99.99%以上の純マグネシウム凝縮物約500gをマグネシアるつぼに入れ、高周波誘導真空溶解炉にて、真空排気後、純度99.9995%アルゴンガス置換し、室温の40×80×120mm³のS55C

* 環境材料工学科

** 物質工学科

*** 技術部

表 1 真空蒸留精製・溶解・鑄造材の化学組成 (mass%)

	Al	Mn	Zn	Fe	Ni	Cu	Mg
4N	—	<0.0005	—	0.0012	—	<0.0005	残
3N	0.0015	0.0011	0.0017	0.0020	>0.02	0.0002	残
C-3N	0.0090	0.0081	0.0013	0.0110	0.0019	0.0012	残

製金型へ鑄造した。得られた鑄造材の組成分析は ICP 発行分光分析で行った。

表 1 に真空蒸留精製・溶解・鑄造材の化学組成を示す。鑄造材は純度 99.99% 以上のマグネシウム (以下、4N と記す)、純度 99.9% 以上のマグネシウム (以下、3N と記す) を用いた。比較として、市販の純度 99.9% 以上の純マグネシウム地金 (以下、C-3N と記す) を用いた。

3N の鑄造材の Ni 量が 0.02% 以上であるが、これは、溶湯温度測定のためステンレス鋼製の熱電対からの混入と思われる。したがって、4N の鑄造材では、溶湯中に熱電対を入れずに温度を測定したため、Ni の定量分析を行ってないが、Ni 量は 0.001% 以下であると思われる。また、Al および Zn の定量分析を行ってないが、3N の鑄造材程度 (0.001% 前後) であると思われる。

硬さ測定はビッカース硬度計を用い、室温において荷重 1kgf、荷重保持時間 15 秒で行った。

引張試験は 5kN のロードセルを使用し、幅 4mm、平行部長さ 15mm の試験片を室温で、クロスヘッド速度 0.5mm/min の条件で行った。

耐食性試験は JIS Z 2371 に準拠し、5%NaCl 水溶液を用い、試験温度 35℃で、連続噴霧試験を行った。耐食性は腐食速度 (mg/cm²/d) で評価した。

3. 結果および考察

3. 1 機械的特性

図 1 に 4N、3N および C-3N の鑄造材の硬さを示す。比較として、C-3N の 350℃ (以下、C350℃ と記す) および 375℃ (以下、C375℃ と記す) での押出比 47 の押出材の硬さを示す⁵⁾。4N の鑄造材の硬さは HV29.8 で、3N の鑄造材および押

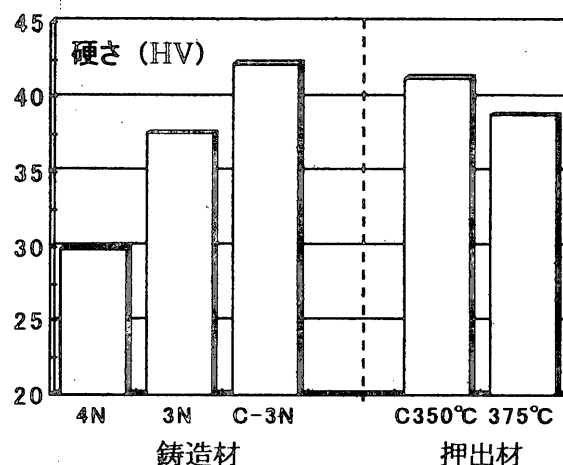


図 1 4N、3N および C-3N の鑄造材の硬さ

出材に比べ、10 前後小さくなった。また、3N の押出材の硬さは鑄造材と大差はなく、加工による硬さの増加は認められなかった。

図 2 に 4N、3N および C-3N の鑄造材の引張特性を示す。比較のために、4N、3N および C-3N の押出比 33 および押出比 47 の押出材の結果を示す⁵⁾。4N の鑄造材の引張強さおよび 0.2% 耐力は C-3N の鑄造材に比べ小さくなったが、伸びは 20% 弱と 5% 程度大きくなった。Toaz らの報告⁶⁾では純度 99.9% の砂型鑄物で、引張強さ 90MPa、0.2% 耐力 21 MPa 及び伸び 2~6% であり、いずれも上回る結果となった。

Ni 量の多い 3N の鑄造材の伸びは、25% 以上と 4N の鑄造材より大きくなった。これは、晶出していると思われる Mg₂Ni の影響ではないかと考えられる。

また、C-3N の鑄造材は、押出材 (C350℃、C375℃) に比べ、すべての引張特性が低下した。

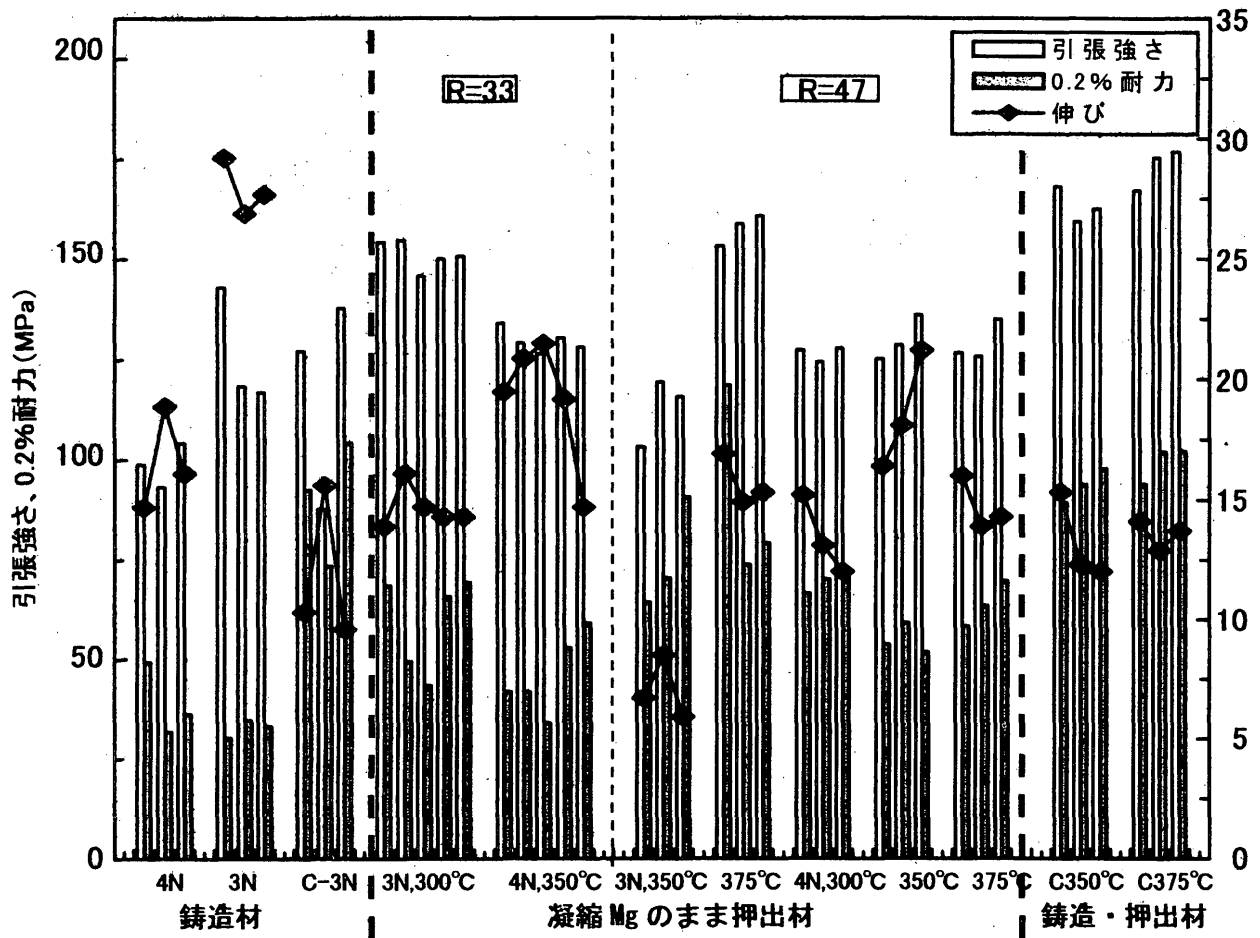


図2 4N、3NおよびC-3Nの鋳造材の引張特性

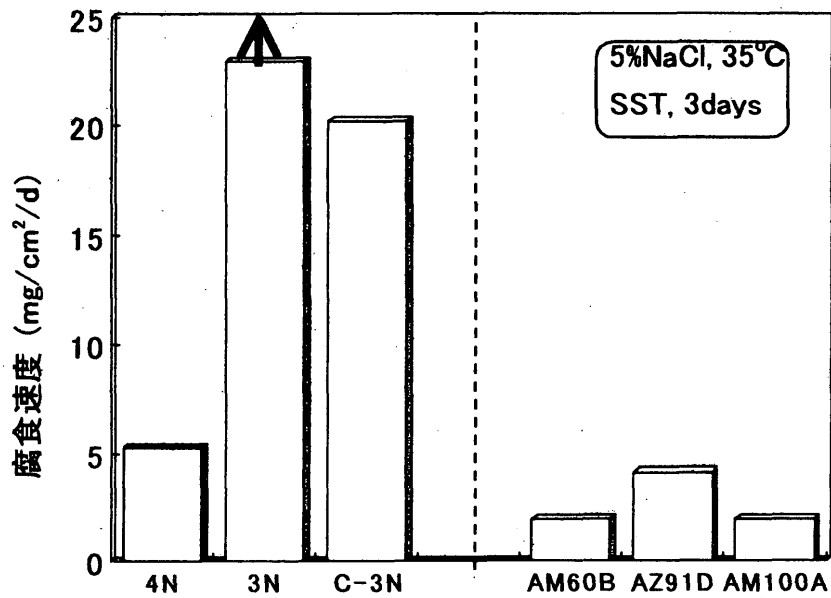


図3 4N、3NおよびC-3Nの鋳造材の耐食性

3. 2 耐食性

図3に4N、3NおよびC-3Nの鋳造材の35℃、72h連続5%NaCl水溶液噴霧試験の腐食速度を示す。比較として、市販のマグネシウム合金AM60B、AZ91DおよびAM100Aの結果を示す。4Nの鋳造材の腐食速度は、市販のマグネシウム合金と変わらず、C-3Nの鋳造材に比べかなり小さくなった。

また、3Nの鋳造材は測定不能となるくらい大きな腐食速度となった。これは、表1に示したように、耐食性に悪影響を及ぼすNiの量が多かったことが原因と考えられる。Hanawaltらの報告⁷⁾によると、純マグネシウムの耐食性における許容限界量は0.0005%で、NiはMg中にほとんど固溶せず、Mgと電位差の大きいMg₂Niとして晶出しているものと考えられ、したがって、大きい腐食速度になったものと思われる。

4. 結言

本研究では、リサイクルへも適用できるプロセスとして、市販のマグネシウム合金を原料とし、真空蒸留精製後、得られた凝縮物を高周波誘導真空溶解炉にて溶解・鋳造し、機械的特性および耐食性を調査した。得られた結果をまとめると以下のようなになる。

- (1) 4Nの鋳造材のビッカース硬さは、3Nの鋳造材および押出材に比べ、10前後小さくなる。
- (2) 4Nの鋳造材の引張強さおよび0.2%耐力はC-3Nの鋳造材に比べ小さくなったが、伸びは20%弱と5%程度大きくなる。
- (3) 4Nの鋳造材の腐食速度は、市販のマグネシウム合金と変わらず、C-3Nの鋳造材に比べかなり小さくなる。

謝辞

本研究の一部は、富山工業高等専門学校 平成15年度校長裁量経費の研究助成によるものであり、ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 井藤忠男：'99マグネシウムマニュアル，日本マグネシウム協会，(1998)，121.
- 2) 佐藤寿，松木賢司，會田哲夫，高辻則夫，室谷和雄，正保順：軽金属学会，第99回秋期大会講演概要，(2000)，25.
- 3) 井藤忠男：'99マグネシウムマニュアル，日本マグネシウム協会，(1998)，144.
- 4) 井上誠，岩井正雄，鎌土重晴，小島陽：軽金属51，(2001)，285.
- 5) 井上誠，土肥友和，高廣政彦，島政司，岩井正雄，：富山工業高等専門学校紀要，37，(2003)，35.
- 6) M. W. Toaz and E. J. Ripling: J. of Metals(1956)，936.
- 7) Hanawalt, C. E. Nelson and J. A. Peloubet: Trans. AIME, 147(1942)，273.

(2003. 11. 21 受理)