

ノート

難燃性マグネシウム合金の強度特性の改善

藤巻 康人^{*1)} 小金井 誠司^{*2)} 小林 祐次^{*3)} 辻 俊哉^{*3)} 神 雅彦^{*4)} 基 昭夫^{*4)}

Improvement of strength properties of non-combustible magnesium alloy

Yasuto Fujimaki^{*1)}, Seiji Koganei^{*2)}, Yuji Kobayashi^{*3)}, Toshiya Tsuji^{*3)}, Masahiko Jin^{*4)}, Akio Motoi^{*4)}

キーワード：難燃性マグネシウム合金，軽量合金，応力腐食割れ，溶接，ショットピーニング

Keywords：Non-combustible magnesium alloy, Lightweight structural materials, Stress-corrosion cracking, Welding, shot peening

1. はじめに

近年，地球環境に対する負荷低減策の一つとして，材料軽量化の技術開発が強く求められている。中でも，次世代高速鉄道車両の構造体には，高度な軽量化に加えて高強度・高剛性などの特性も要求されている。マグネシウム合金は実用合金中最も軽く，比強度・比剛性等にも優れている事から，有力な材料の一つとして研究が進められている⁽¹⁾⁽²⁾。しかし実際に活用していくには，溶接部の疲労強度低下や応力腐食割れの発生への対策といった展伸材の溶接部における信頼性の確保が必要である。

本研究では，難燃性マグネシウム合金AMX602の基材及び溶接部の機械特性の測定・分析を行い，圧縮残留応力を付加するショットピーニング処理による応力腐食割れ軽減効果を比較検討した。評価法には純水を入れた密閉容器内で試料を気相に固定し，温度35℃，湿度100%の雰囲気中で保持する方法を用い，マグネシウム合金に対する最適なショットピーニング処理条件を確立した。

2. 供試材及び試験方法

2.1 供試材 供試材は難燃性マグネシウム合金AMX602の展伸材とし，長さ55mm×幅20mm×板厚2mmの板材を基材試験片とした。溶接試験片は開先60度の突合せTIG溶接を行った基材試験片であり，余盛部分はグラインダ加工によって研磨した。試験片の外観を図1に示す。



図1. 基材試験片とグラインダ加工前の溶接試験片

2.2 ショットピーニング処理 ショットピーニング処理は，表1に示した条件で試験片全面に対して行った。投射材の径や投射圧力を大きくする事で，大きな圧縮残留応

力を付加する事ができる。

表1. ショットピーニング処理条件

Sample No.	Welding	Incident	Size (mm)	Pressure (MPa)
1	×	—		
2	○	No processing		
3	○	Boron ceramics ball (B205)	0.063-0.125	0.05
4	○	Zirconia ceramics ball (Z300)	0.300-0.425	0.05
5	○			0.15
6	○			0.30

2.3 曲げ試験 曲げ試験はJIS Z3122 (突合せ試験の曲げ試験方法) に準じ，オートグラフを用いて図2に示す様な3点曲げ試験を行い，0.2%耐力を算出した。支点間距離は40mmとした。

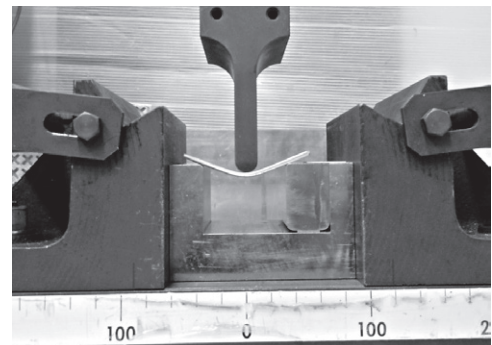


図2. 曲げ試験の外観

2.4 純水湿気中試験 マグネシウム合金の応力腐食割れ試験方法としては，塩水中での定ひずみ速度引張り試験による評価例が多い⁽³⁾⁽⁴⁾が，この試験法では応力腐食割れの有無までは判断できない。そこで，応力腐食割れを適切に評価するために，純水を入れた密閉容器内で試験片を気相に固定し，温度35℃，湿度100%の雰囲気中で保持する方法を用いた。ここでは，この方法を純水湿気中試験と呼ぶ。更に，応力腐食割れを促進するため，試験片には16° (破断時の80°角度) の負荷をかけた状態(図3)で試験を行った。試験時間は最長400時間とし，50時間，100時間，200時間，300時間，400時間の時点における試験片表面を実体顕微鏡で観察した。

事業名 平成23年度 共同研究

*1) 材料技術グループ

*2) システムデザインセクター

*3) 新東工業株式会社

*4) 日本工業大学

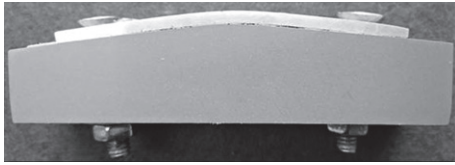


図3. 純水湿気中試験時の応力負荷状況

3. 結果と考察

3.1 曲げ試験の結果 曲げ試験の結果を図4に示した。溶接によって曲げに対する耐力は低下していたが、より強い条件のショットピーニング処理によって耐力が回復していく事がわかった。

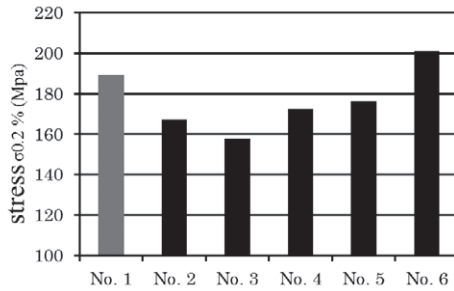


図4. 曲げ試験の結果 (0.2%耐力)

3.2 純水湿気中試験の結果 純水湿気中試験の結果を表2に、試験後の試験片外観及び断面写真を図5に示す。基材試験片 (No.1) では400時間経過しても応力腐食割れは確認できなかったが、未処理の溶接試験片 (No.2) や弱いショットピーニング処理を施した溶接試験片 (No.3及びNo.4) では応力腐食割れが認められた。一方、強いショットピーニング処理を施すと、400時間を経過しても応力腐食割れは確認できなかった。

表2. 純水湿気中試験の結果

Sample No.	Test time (hour)			
	50	100	200	400
1	○	○	○	○
2	○	○	SCC	SCC
3	○	○	○	SCC
4	○	○	○	SCC
5	○	○	○	○
6	○	○	○	○

SCC : Stress Corrosion Cracking

3.3 考察 マグネシウム合金は腐食の進展が早く、いずれの試験片でも表面から孔食主体の腐食が進行していた。応力腐食割れは、孔食部から内部に向かって進展しており、未処理の試験片 (No.2) では大きな応力腐食割れが生じていた。しかし、ショットピーニング処理を行う事で応力腐食割れが抑制される事がわかった。組織の変化や硬さの影響については不明であるが、ショットピーニング処理によって付加された圧縮残留応力が、溶接時の引張り残留応力を緩和する事で、応力腐食割れの発生を抑制しているものと考えられる。図4の結果から、基材と同程度の0.2%曲げ耐力にまで回復させた試験片No.6では、応力腐食割れを十分に抑制できている事がわかった。したがって、基材と同等以上の0.2%曲げ耐

力に回復させる強さのショットピーニング処理を行えば、溶接部の応力腐食割れが抑制できるものと考えられる。

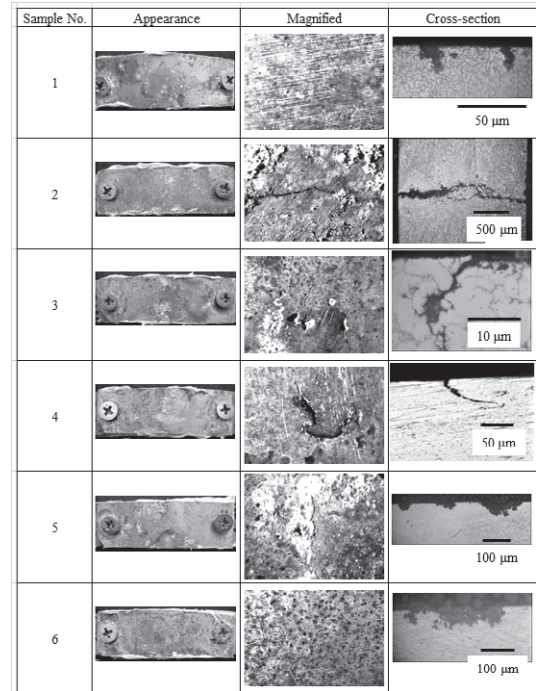


図5. 純水湿気中試験後の試験片外観及び断面写真

4. まとめ

マグネシウム合金は軽量で高強度である一方で、非常に腐食しやすいため、通常は塗装などで表面を保護して用いる事が多い。しかし、材料の信頼性確保の観点から、腐食耐性に関する研究が不可欠となる。応力腐食割れに関する研究もほとんど行われておらず、試験方法すら確立されていなかった。難燃性マグネシウム合金AMX602展伸材の溶接部にショットピーニング処理を行い、純水湿気中試験による評価を経て、応力腐食割れ抑制の有効性とショットピーニング条件を検討し、以下の事がわかった。

- ① 純水湿気中試験では孔食主体の腐食が進行していたが、溶接材の一部に応力腐食割れの発生が認められた。
- ② 溶接部に適切なショットピーニング処理を行う事で、応力腐食割れを抑制する効果が認められた。
- ③ 溶接部の応力腐食割れ抑制には、基材と同程度の0.2%曲げ耐力が得られるショットピーニング条件が必要であると考えられる。

(平成25年7月22日受付, 平成25年8月12日再受付)

文 献

- (1)平成17年度地域申請コンソーシアム研究開発事業「難燃性マグネシウム合金の高機能組織制御と鉄道車両用部材の開発」成果報告書, pp.41-48 (2006)
- (2)平成16年度自動車用マグネシウム合金の実用化に関する調査報告書. 日本マグネシウム協会 (2005)
- (3)奥村勇人ら: 純マグネシウム及びAZ, AM系マグネシウム合金の応力腐食割れ: 第114回軽金属学会春季大会 (2008)
- (4)N. WINZER et al., "Stress corrosion cracking of gas-tungsten arc welds in continuous-cast AZ31 Mg alloy sheet", Corrosion Science, 51, pp.1950-1963 (2009)