

## 1050アルミニウム/AZ31マグネシウム合金摩擦圧接継手の 塩水浸せき試験

加藤 数 良(機械工学科)

### 1. 緒言

著者らは先に、マグネシウム合金とステンレス鋼を組合せた摩擦圧接継手の環境強度について、塩水中に浸せきした場合のマグネシウム合金の腐食状態や腐食環境下での疲労試験により検討し、マグネシウム合金は他の金属と接触した場合に電位の違いにより腐食の進行が著しく、腐食環境下では疲労強度の低下も大きいことを明らかにした<sup>1), 2)</sup>。

昨今問題とされる環境保全などを考慮すると、構造物の軽量化はその対策の一方法として重要な課題である。実用金属中最軽量のマグネシウム合金は耐食性や強度などの点で他の金属に比較して劣る部分もあり、他の金属と組合せて用いる可能性が高い。そこで著者らは、マグネシウム合金と同じ軽金属材料として分類されるアルミニウム合金を組合せて摩擦圧接によった継手の組織や機械的性質について検討し、適正な条件を選定することにより実用的に用いることが可能な継手が得られることを報告した<sup>3)</sup>。

しかし、先に報告したマグネシウム合金と鉄鋼材料の組合せと同様に、腐食環境下での使用を考えると、電位の卑なるマグネシウム合金の耐食性が問題となることは明らかであるが、マグネシウム合金とアルミニウム合金を組合せた異材継手としての耐食性を評価した報告はほとんどないのが現状である。

本研究では、マグネシウム合金とアルミニウム合金を組合せた摩擦圧接継手の腐食挙動を検討するために、塩水中への浸せき試験による検討を行った。

### 2. 供試材および実験方法

供試材は、前報までと同様にマグネシウム合金中で使用量も多いAZ31合金丸棒(直径20mm)を使用した。相手材には、過去の実験結果から1050アルミニウム(直径20mm)を用いた。いずれも機械加工により長さ80mmとした。供試材の化

Table 1 Chemical compositions of base metals. (mass%)

(a) AZ31 magnesium alloy

Al	Zn	Mn	Fe	Ni	Cu	Si	Mg
3.00	0.90	0.31	0.003	0.002	0.002	0.02	bal.

(b) 1050 aluminum

Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Al
0.10	0.29	0.03	0.00	0.01	0.00	0.01	bal.

Table 2 Mechanical properties of base metals.

Materials	Tensile strength (MPa)	Elongation (%)	Hardness (HV0.1)
AZ31	288	14.0	57
1050	85	46.0	30

Table 3 Friction welding conditions

Rotational speed	N(s <sup>-1</sup> )	41.7
Friction pressure	P <sub>f</sub> (MPa)	60
Friction time	t <sub>f</sub> (s)	2
Upset pressure	P <sub>2</sub> (MPa)	80
Upset time	t <sub>2</sub> (s)	5

学組成および機械的性質をTable 1およびTable 2に示す。

摩擦圧接は、前報<sup>1), 2)</sup>までと同様に全自動摩擦圧接機を使用した。摩擦圧接条件は予備実験の結果、Table 3に示す条件とした。

得られた継手は、接合面を中央として全長を40mmとなるように機械加工し、圧接のままのものおよびばりを除きして直径を19mmとしたものを用いて3%塩水中への浸せき試験を行った。浸せき時間は8時間間隔で72時間まで行った。また、接合面をゲージ部中央としたJIS4号引張試験片に加工後、所定の時間塩水中に浸せきした試験片による引張試験を行った。

### 3. 実験結果および考察

塩水浸せき試験後のばり付き継手の外観をFig.1に示す。継手の外観は、前報までに報告し

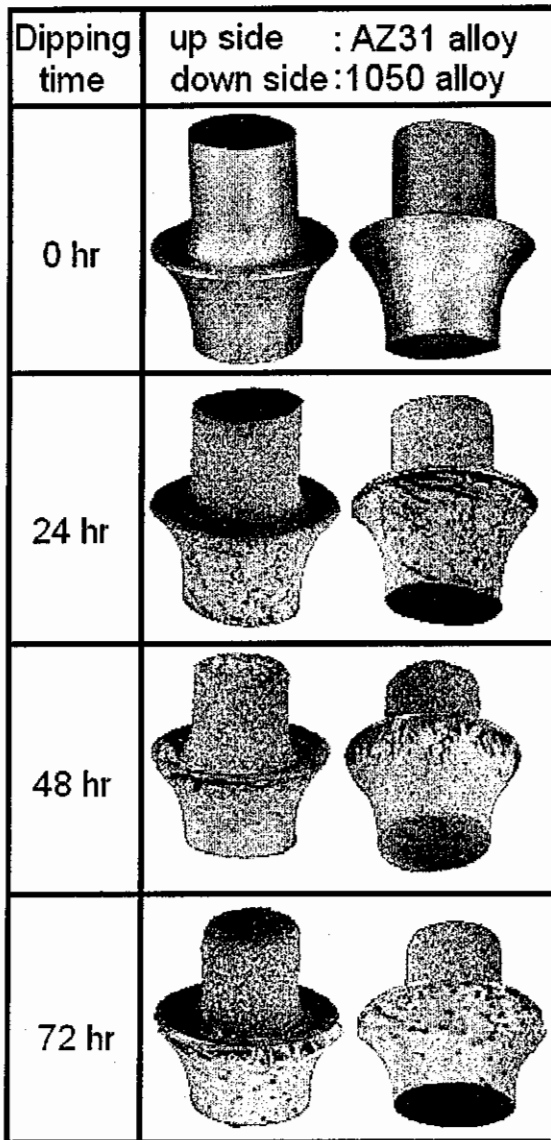


Fig.1 Appearances of corrosion tested joint with burr.

たAZ31/SUS304継手では組合せた両者の強度に大きな差が認められるために、ばりはAZ31合金のみから発生した。しかし、本組合せにおいては1050合金の強度がAZ31合金に比較して低いために、ばりは主として1050合金より発生し、AZ31合金側のばりは僅かであった。

所定の時間浸せきを行った継手は、AZ31合金および1050合金ともに腐食が発生し、両者はともに表面の金属光沢は失われ、腐食による凹凸が認められた。浸せき時間の経過に伴い両者の腐食は進行し、凹凸も大きくなり、腐食生成物の量も増加した。また、AZ31合金側の表面状態はAZ31/SUS304継手のAZ31合金側の腐食による表面状態と類似した様相であった。しかし、AZ

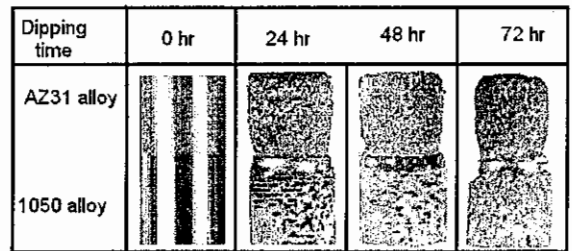


Fig.2 Appearances of joint without burr.

31/SUS304継手接合界面近傍のAZ31合金側に観察されたような腐食の進行による直径の減少はごく僅かであった。AZ31合金と1050合金では、AZ31合金の腐食の進行が速くなる傾向にあった。

このことは、流動海水中の自然電位<sup>4)</sup>がマグネシウムは1.60V、アルミニウムは0.79Vであり、電位の卑なるAZ31合金が接触腐食により、腐食の進行が速くなったものと考えられる。また、AZ31合金とSUS304鋼(自然電位は0.53V)の組合せでは24時間経過後にはAZ31合金のばりはほとんど消滅した状態となったが、本組合せでは両者の電位の差が小さいために72時間浸せき後にも両者のばりは残存しており、接触腐食の影響が小さくなった。

継手のばりを旋削により除去した試験片の浸せき後の外観をFig.2に示す。ばりを除去した継手においても、ばり付き継手と同様にAZ31合金および1050合金ともに腐食された状態となった。また、ばりなし継手ではAZ31/SUS304継手と同様にAZ31合金側接合界面よりごく僅かに離れた部分に最小径を示す部分が観察された。ばり付き継手に比較してばりを除去することにより腐食の進行速度が速くなる傾向にあった。

腐食減量を測定した結果をFig.3に示す。図に示した腐食減量は、継手の両者を分離できないこと、および両合金ともに腐食が認められたことより両者の腐食減量の総和として求めた。

前述の外観観察で示したように、試験片とした継手のばりの有無に関係なく浸せき時間が長くなるのに伴い腐食減量は増加する傾向を示した。また、ばり付き試験片に比較してばりなし試験片の腐食減量が大きくなる傾向が認められた。この傾向は浸せき時間が長くなるのに伴い顕著となった。比較のために行ったAZ31合金母材およびAZ31合金同種材摩擦圧接継手は前

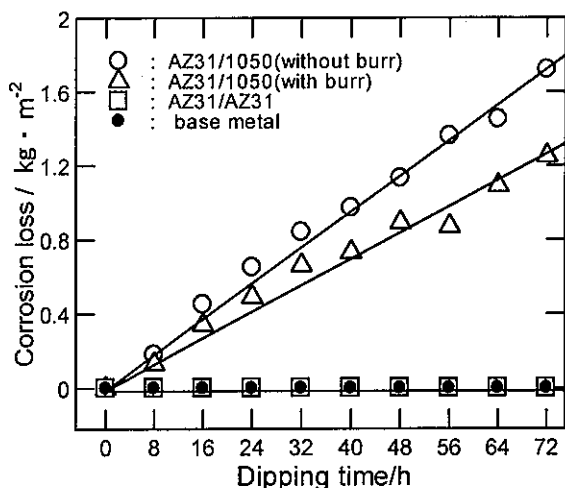


Fig.3 Relation between dipping time and corrosion loss.

報でも述べたように腐食の進行は著しく少なく、浸せき時間の経過によっても腐食の進行はごく僅かであった。

AZ31/SUS304継手の腐食はAZ31合金側のみであったが、AZ31/1050継手では腐食の進行速度に違いは認められるが、組合せた両者はいずれも腐食しており、その腐食減量は、AZ31/SUS304継手に比較して小さくなった。

このことは、組合せた素材間の電位の差の大きさに起因するものである。すなわち、SUS304鋼に比較してアルミニウムの自然電位はマグネシウムに近く両者に腐食が認められるために、一方的にAZ31合金が腐食する状態であるAZ31/SUS304継手に比較して腐食の進行が小さくなったものと考ええる。

浸せき時間と腐食速度の関係をFig.4に示す。腐食速度はAZ31/SUS304継手の場合と同様に浸せき時間に関係なくほぼ一定値を示した。このことは、腐食の進行が速いマグネシウムは強アルカリ性領域(pH12以上)では安定した不導体膜を形成し、腐食の進行が軽減されるとされているが<sup>9)</sup>、実験中に塩水のpHを測定した結果、溶液のpHは10.5~11程度であったこと、およびAZ31合金では腐食生成物は試験片表面で被膜を形成せず、分離、脱落するために腐食の進行速度に変化が認められなかったものと考ええる。また、ばりなし試験片に比較して表面積が大きいばり付き試験片の腐食速度が大きくなった。この傾向はAZ31/SUS304継手においても同様に観察されている。

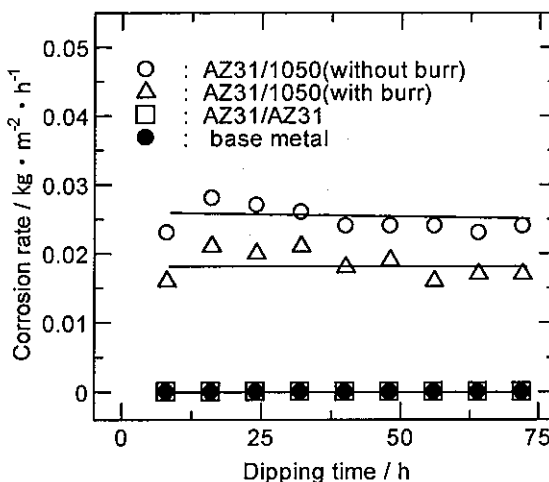


Fig.4 Relation between dipping time and corrosion rate.

Fig.5に浸せき試験後の試験片各部の直径変化を測定した結果の一例としてばりを除去した試験片を示す。AZ31合金側はいずれの測定位置も浸せき時間の経過に伴い直径は減少する傾向を示した。この傾向は接合面に近づくのに伴い顕著となった。また、1050合金側は接合面に近い部分ではAZ31合金側と類似の傾向を示すが、接合面より10mmの位置では直径の減少はほとんど認められなかった。1050合金側は接合面からの位置が同一であれば、直径の減少割合はAZ31合金側に比較して小さくなった。

これらのことは、AZ31合金と1050合金の自然電位の違いによるもので、電位が卑なる金属は接触腐食の影響が界面より離れた位置まで及ぶためであると考ええる。

塩水中に所定の時間浸せきした試験片による引張試験を行った結果をFig.6に示す。引張強さの算定は試験片のゲージ部で最小径を示した部分の値を使用した。

継手の引張強さは、浸せき前の継手効率は母材強度の低い1050合金の約73%であったが、浸せき時間24時間で継手効率は約22%と著しく低下した。以後、浸せき時間が長くなるのに伴い継手効率は向上する傾向にあった。試験片の破断はいずれも接合界面であった。

試験片の引張強さは試験片のゲージ部内の最小径を採用して求めたものであり、実際の引張強さとは若干異なる。そこで試験片が耐える引張荷重として比較すると、浸せき時間が長くなるのに伴いその値は小さくなった。

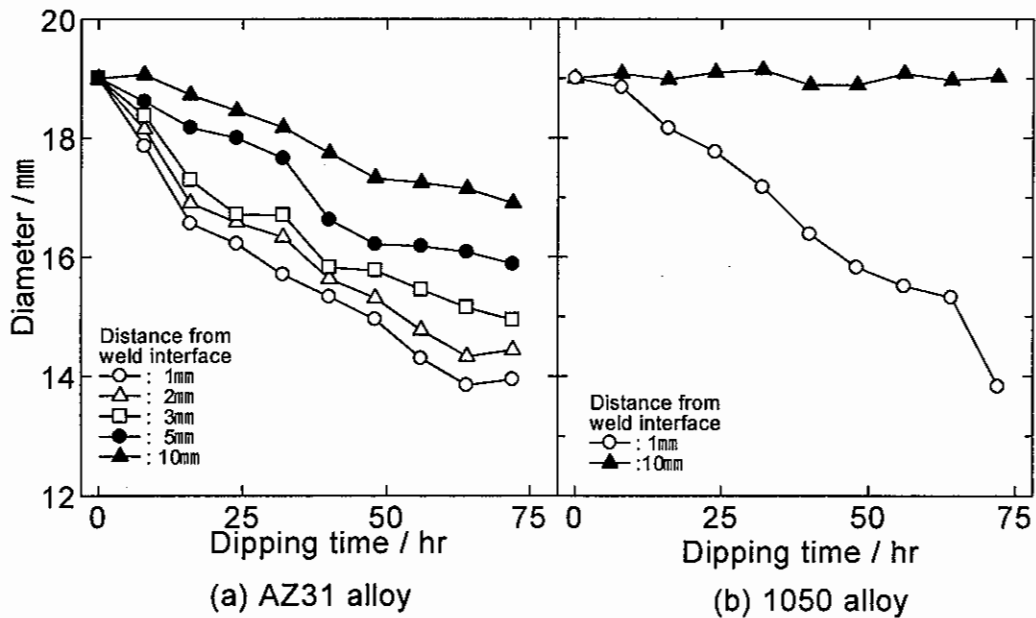


Fig.5 Relation between dipping time and diameter.

引張試験後の試験片外観をFig.7に示す。試験片は前述したばりなし試験片の浸せき後の外観と類似した様相であり、浸せき時間が長くなるのに伴い接合面より僅かに離れた部分が最小径を示す部分であることが明瞭に観察された。いずれも接合界面での破断であった。接合界面より直径が小さい部分が存在するのにもかかわらず、接合界面破断となったことは、圧接時に界面ではアルミニウムとマグネシウムの金属間化合物が生成され、試験片外周部分に比較して中心部分の化合物層が厚くなる<sup>3)</sup>ために強度低下を示したものと考えられる。

参考文献

- 1) 時末 光, 加藤数良: 日本大学生産工学部ハイテク・リサーチ・センター平成12年度研究報告書, (2001), 1-39.
- 2) 加藤数良: 日本大学生産工学部ハイテク・リサーチ・センター平成13年度研究報告書, (2002), 1-43.
- 3) 加藤数良, 朝比奈敏勝, 時末 光: 軽金属, 45(1995), 255
- 4) 花崎昌幸: 日本マグネシウム協会第1回マグネ表面処理分科会例会テキスト, (1998), 1.
- 5) 中津川勲: 金属学会誌, 4(1999), 674.

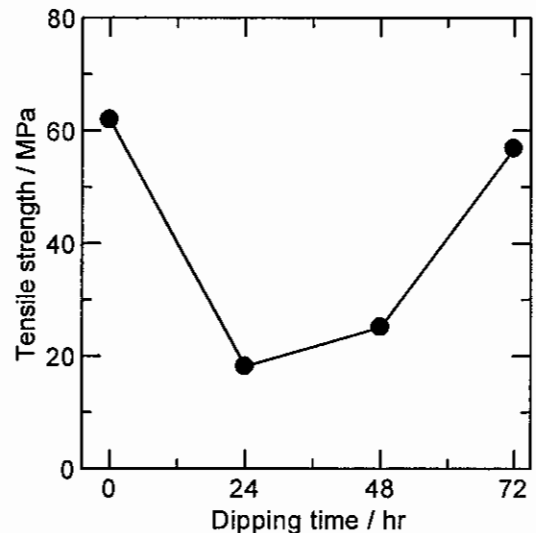


Fig.6 Relation between dipping time and tensile strength.

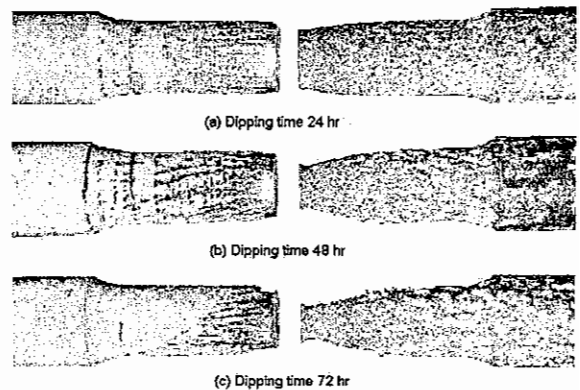


Fig.7 Appearances of tensile fractured specimen.