

AZ31マグネシウム合金／SUS304ステンレス鋼摩擦圧接継手の アルカリ性塩水中における腐食挙動

加藤 数良（機械工学科）

1. 緒 言

摩擦圧接継手の環境強度に関する研究の一環として、接触腐食による環境強度の劣化が問題とされるマグネシウム合金を用いた異材摩擦圧接継手の塩水中での腐食挙動および継手の機械的性質について検討した結果、相手材を電位差の大きいSUS304ステンレス鋼¹⁾とした場合および比較的電位差の小さい1050アルミニウム²⁾とした場合のいずれにおいても、塩水中へ浸せき後に比較的早い時間に浸せきした塩水がアルカリ性を示すことが明らかとなった。また、マグネシウム合金は塩素のイオン、酸、塩類の存在する雰囲気では耐食性は悪いが、大部分のアルカリに耐えられるとされている³⁾。

本研究では、先に報告¹⁾したと同一のAZ31マグネシウム合金とSUS304ステンレス鋼を組合せた摩擦圧接継手についてアルカリ塩水を用いた場合の腐食特性などについて検討を行った。

2. 供試材および実験方法

供試材には、市販のAZ31マグネシウム合金丸棒（直径19mm）、およびSUS304ステンレス鋼丸棒（直径20mm）をいずれも直径19mm、長さ70mmに加工したものを圧接直前に接合面を脱脂洗浄して機械圧接に供した。供試材の化学組成および機械的性質をTable 1、Table 2に示す。

圧接には、数値制御全自動摩擦圧接機を使用し、先の実験と同一のTable 3に示す圧接条件とした。塩水浸せき試験は、圧接のままの、および圧

Table 1 Chemical compositions of base metals. (mass%)
(a) AZ31 magnesium alloy

Al	Zn	Mn	Fe	Si	Cu	Ni	Mg
3.42	0.88	0.42	0.003	0.004	0.004	0.001	bal.

(b) SUS304 stainless steel

C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr
0.05	0.23	0.117	0.035	0.024	10.03	8.13

Table 2 Mechanical properties of base metals.

Materials	Tensile strength (MPa)	Elongation (%)	Hardness (HV0.1)
AZ31	288	14	57
SUS304	579	59	207

Table 3 Friction welding conditions.

Rotational speed	N (rpm)	2000
Friction pressure	p ₁ (MPa)	20
Friction time	t ₁ (s)	3
Upset pressure	P ₂ (MPa)	40
Upset time	t ₂ (s)	5

接後ばりを機械加工により除去し、接合界面よりそれぞれ20mm、全長を40mmとした試験片を用いた。浸せき試験はpH10の3%塩水を作製し、8時間間隔で72時間まで浸せきした。引張試験は、接合面をゲージ部中央としたJIS 4号試験片（ゲージ部直径φ14mm）に加工後、接合面よりそれぞれ10mmを露出した状態で塩水中に浸せき後大気中で試験を行った。

3. 実験結果および考察

Fig.1に塩水浸せき後の試験片外観を示す。浸せき時間の長短に関係なく、SUS304ステンレス鋼側には腐食の影響は全く観察されなかった。AZ31合金側は、中性塩水中に浸せきした場合と同様に浸せき時間の経過に伴い腐食の進行が認められた。すなわち、浸せき後8時間経過後にはばり付試験片ではばり部は残存しているが、24時間経過後にはばりは全く認められなくなり、接合界面近傍に僅かに腐食により直径が減少した部分が認められた。浸せき時間が48時間以上経過すると接合部近傍の腐食による直径の減少が明瞭に認められた。中性塩水中に浸せきした場合²⁾に比較して腐食の進行割合は若干少なくなる傾向にあったが、腐食状態には明瞭な差異は認められなかった。

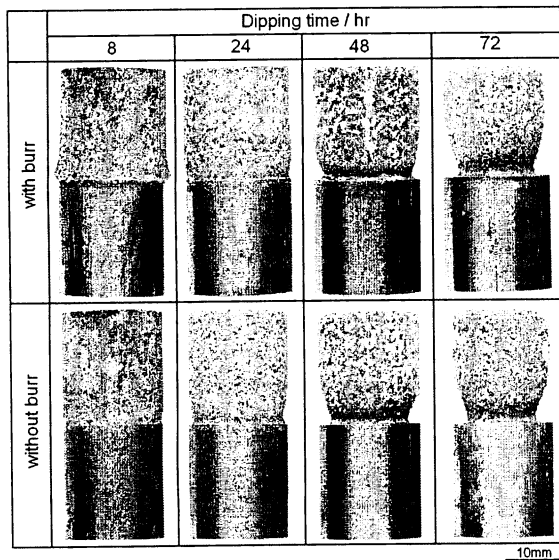


Fig.1 Appearances of corrosion tested specimens.

腐食の進行状態を試験片各部の直径変化により検討した。その結果をFig.2に示す。試験片の直径は、ばりの有無に関係なく浸せき時間の経過に伴い減少する傾向が明瞭に認められた。直径の減少は接合面より離れるのに伴い少なくなった。また、直径の減少割合は、浸せき直後はばり無し試験片に比較してばり有り試験片が大きくなったが、浸せき時間16時間以上では、ばり無し試験片の直径減少割合は大きくなる傾向を示した。このことは、浸せき当初はばり有り試験片ではばり先端の肉厚の薄い部分が優先的に腐食が進行するためであり、Fig.1に示すように浸せき時間8時間経過時にはばりは本来の形態を留めない状態になり、見掛け上直径が大きくなった状態となるためであると考え。また、ばり無し試験片の直径減少割合が大きくなることは中性塩水中においても観察される現象である。

Fig.3に腐食速度の測定結果を示す。中性塩水中では、試験片のばりの有無に関係なく、腐食速度は浸せき時間の長短に関係なくほぼ一定もしくは若干遅くなる傾向が認められたが、アルカリ塩水中では浸せき時間の経過に伴い腐食速度は速くなる傾向にあった。しかし、腐食速度は浸せき直後のアルカリ塩水中では、中性塩水中の約50%と著しく小さくなった。また、アルカリ塩水中ではばりの有無による腐食速度の差はほとんど認められなかった。

このことは、前述したように、アルカリ塩水中の腐

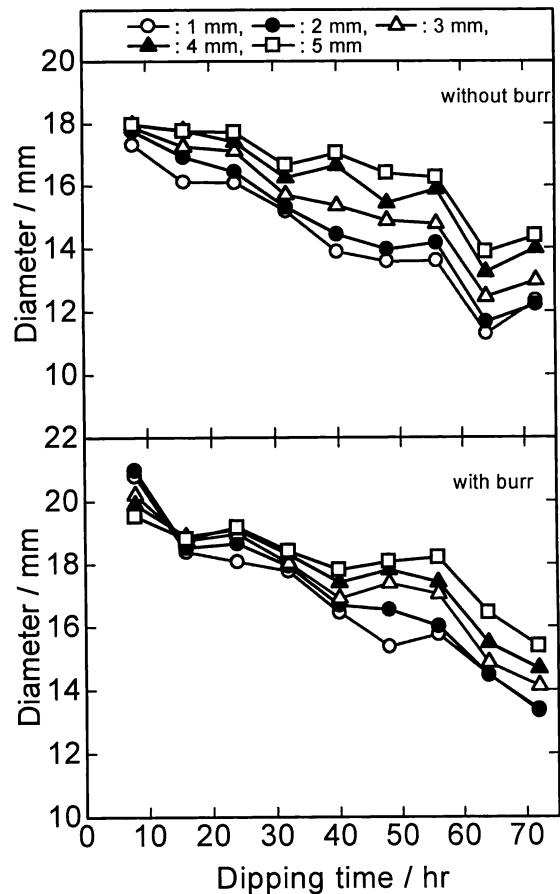


Fig.2 Relation between dipping time in alkali salt water and diameter of welded joint.

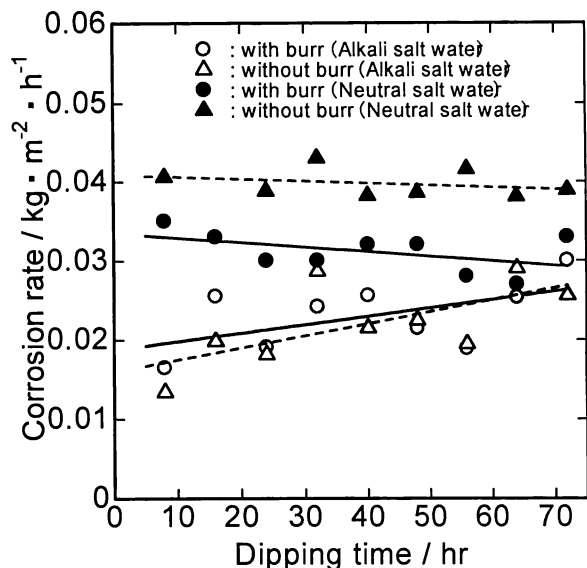


Fig.3 Relation between dipping time and corrosion rate.

食の進行状態が、中性塩水中と若干異なることによるものと推定する。

Fig.4に腐食減量の測定結果を示す。塩水の中

性、アルカリ性を問わず、腐食減量は浸せき時間の進行に伴い増加する傾向を示した。中性塩水中ではばりの有無により腐食減量に明瞭な差が認められ、その差は浸せき時間の経過に伴い大きくなるが、アルカリ塩水中では、中性塩水中と同様に浸せき時間の経過に伴い腐食減量は増加する。しかし、中性塩水中に比較してその値は若干小さく、ばりの有無による差もほとんど認めなかった。

前述のように、中性塩水中とアルカリ塩水中では、腐食の進行状態が若干異なること明らかになった。このことは、浸せきした塩水のpHの変化によるものと考えられることより、浸せき時の塩水のpHを測定した。その結果をFig.5に示す。

中性塩水のpHは浸せき直後に強アルカリに変化し、以後浸せき時間の経過に伴い僅かではあるがpHは大きくなる傾向が認められる。アルカリ塩水においても、浸せき直後にpHの増加が認められ、8時間経過後は中性塩水とほぼ同等のpH10.5となるが、以後浸せき時間の経過による変化はほとんど認められず、中性塩水と逆にpHの値はむしろ低下した。このことは、マグネシウム合金が強アルカリに耐えられることによるものと考え、中性塩水においても浸せき後8時間後にはpHは約10.5となり、アルカリ塩水と同等のpHとなる。、詳細は明らかではないが、塩水中に腐食により生成したMgOがそのほとんどは試験片に付着したり沈殿するが、一部は塩水中に溶解した状態となり、その溶解量が中性塩水とアルカリ塩水では異なるためであると推定する。

Fig.6に浸せき試験後の試験片外周部の微視的組織を示す。写真はいずれも接合界面近傍のものでそれぞれの右側がSUS304ステンレス鋼側である。浸せき時間24時間後にはばり有り試験片は、ばりが優先して腐食脱落するために、ばり無し試験

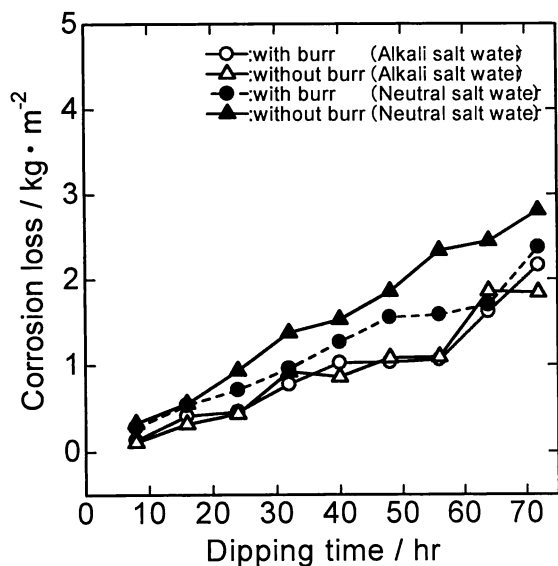


Fig.4 Relation between dipping time and corrosion loss.

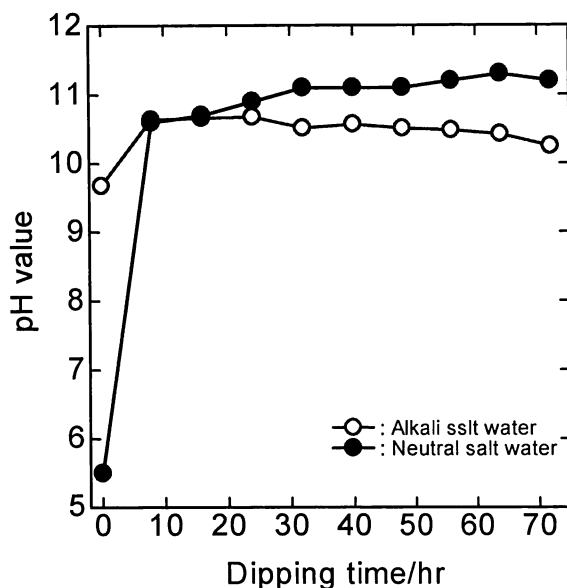


Fig.5 Relation between dipping time and pH value.

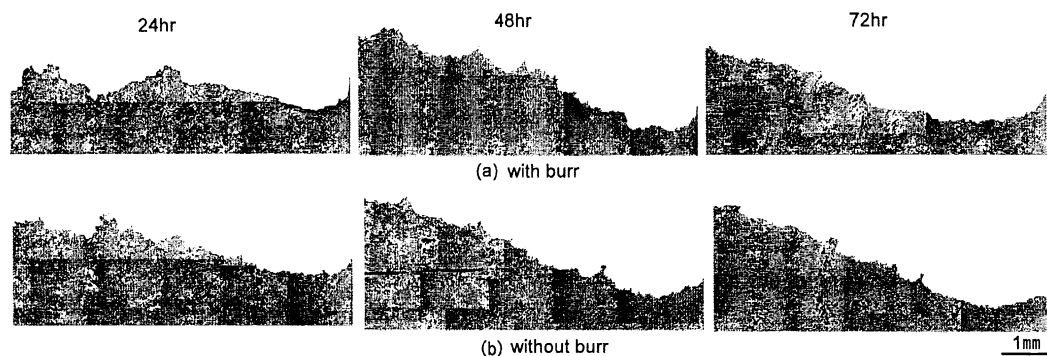


Fig.6 Microstructures of dipping tested specimens.

片に比較して凹凸の激しい複雑な様相を呈した。以後、腐食の進行に伴い表面の凹凸は小さくなり、ばり無し試験片と類似した様相を呈した。また、いずれの試験片も接合界面より1～2mm離れた位置が最も腐食が進行し、直径が細くなることが明らかである。腐食の進行の多くは結晶粒界を進展することにより、結晶が脱落する過程を経たものと推定する。また、接合界面では内部まで腐食が進行することもなく組織的にも明瞭な変化は認められなかった。

Fig.7に引張試験片に加工後、浸せき試験を行った継手の引張試験結果を示す。図は試験直前の最小径により引張強さを算定したものである。また、比較のために試験時の最高破断荷重も併記した。引張試験片の浸せき試験は試験片ゲージ部との関係で、接合面よりそれぞれ10mmのみ塩水中に露出する状態で浸せき試験を行った。その結果、後述する引張試験後の外観に示すように、前述の試験片による浸せき試験結果に比較して、直径の減少割合は大きく、腐食減量、腐食速度ともに大きくなる傾向が認められた。

継手の引張強さは浸せき時間の経過に伴い低下する傾向を示したが、浸せき時間8時間では浸せき試験を行わない継手と同等の引張強さが得られている。試験片の破断は微視的組織で示したように接合面近傍に最小径を示す部分が存在するのに係らず、Fig.8に示すように全ての浸せき時間で接合面破断した。従って、Fig.7に示した引張強さはさらに小さい値となる。このことは、微視的組織では組織的には浸せきしない継手と明瞭な差異が認められなかったが、接合界面に沿った微小な腐食の進行があり、この部分が切欠き効果をもたらすためと考える。よって、最高破断荷重によっても浸せき時間が長くなるのに伴い直線的に引張破断荷重が低下したものと推定する。

4. まとめ

これらの試験結果より、アルカリ塩水中におけるAZ31/SUS304摩擦圧接継手の腐食に関して、塩水をアルカリ性とする事で、腐食減量および腐食速度を低くすることは可能であったが、接触腐食の影響は明確に残存することが明らかとなった。接触腐食を低減させるためには、引張試験片の浸せき試験時に行った被覆すなわち表面処理などにより外部からの影響を低減することが有効な方法と考える。

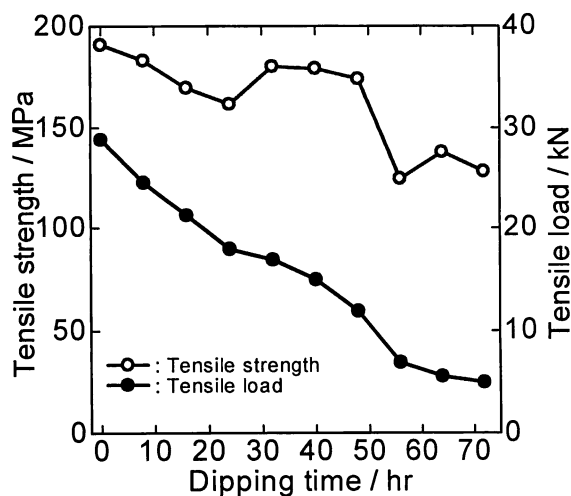


Fig.7 Results of tensile test of dipping tested specimens.

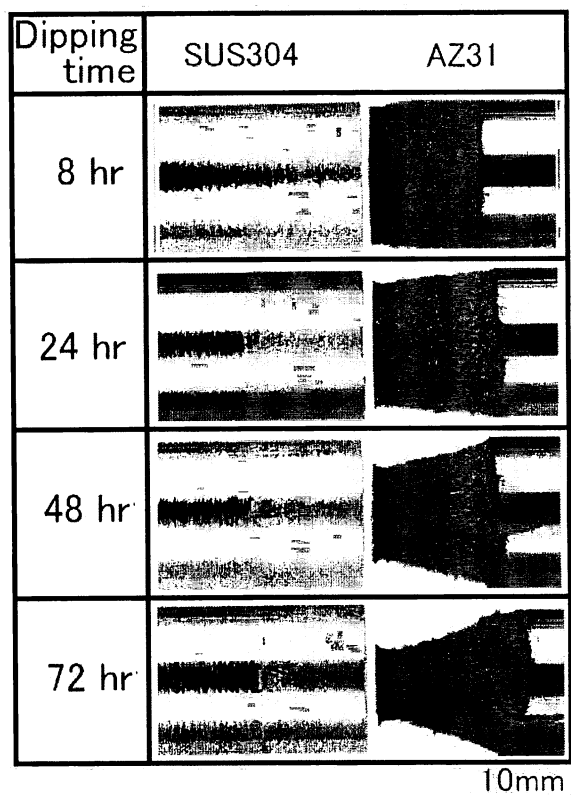


Fig.8 Appearances of tensile tested specimens.

参考文献

- 1) 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，(2004)，1-43，
- 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15年度研究報告書，(2004)，1-41，
- 3) マグネシウム技術便覧編集員会：マグネシウム技術便覧，カロス出版，(2000)，64．