

技術資料

溶融 Zn-6%Al-3%Mg 合金めっき鋼板の溶接性

堀川 裕史* 朝田 博**

Weldability of Hot-dip Zn-6% Al-3% Mg Alloy Coated Steel Sheet

Hiroshi Horikawa, Hiroshi Asada

Synopsis

The weldability of hot-dip Zn-6%Al-3%Mg alloy coated steel sheets, was investigated in comparison with Zn, Al, and Zn-Al alloy coated steel sheets.

In spot welding of ZAM, the proper current range becomes higher than that of other coated steel sheets because the melting temperature of ZAM coating layer is lower than other steel sheets. The electrode life in continuous test becomes as long as Zn-5%Al coated steel sheets. The electrode life is dependent on Al content of coating composition.

In arc welding of ZAM, proper welding conditions are same as hot-dip galvanized steel sheets and "blowhole fraction" becomes lower than that of hot-dip galvanized steel sheets welds because of lower viscosity of molten weld metal derives from Al contamination. In the tensile test of weld joints, when blowhole fraction was less than 30%, the butt arc-welded joint fractured in a base material.

In the laser welding of ZAM, the blowhole amount was also less than GA steel sheets by the influence of Al from coating layer.

In order to obtain good weld joints of ZAM, to understand the difference of weldability between ZAM and other material and to choose appropriate welding conditions is essential.

1. 緒言

めっき鋼板は、部品の高耐食性要求に対応して自動車、住宅、家電などの多分野で使用されている材料であり、種類としては Zn めっき鋼板や Al めっき鋼板、Zn 合金めっき鋼板などがある。Zn 合金めっき鋼板の中でも Zn-6%Al-3%Mg 合金めっき鋼板(以下、ZAM と記す)は、非常に優れた耐食性を有しており、近年プレハブ住宅の建築部材、自動車や家電部品をはじめとするさまざまな用途への採用が広がってきている¹⁾。これらの組立てにおいて、加工や溶接は不可欠であるが、めっき鋼板では、一般にスポット溶接時の電極寿命の低下^{2,3)}やアーク溶接時の欠陥発生などの問題⁴⁻⁶⁾があり、施工時には適正な溶接条件を選定する必要がある。

そこで本報では、ZAM の溶接性を他の Zn 系、Al 系めっき鋼板と比較し、スポット溶接については、めっき種ごとの適正電流範囲や電極寿命の違いを、アーク溶接については、ブローホール発生量の違いならびに溶接継手強度に及ぼす影響について評価した結果を報告する。

また、近年適用が進んでいるレーザー溶接についても、併せて報告する。

2. スポット溶接性

スポット溶接は、自動車をはじめ鉄道車両、家電などの薄鋼板を利用する分野で広く利用されており、溶接速度が速い、溶接者の技量によらず安定した溶接品質が得られる、大量生産・自動化に向いているなどといった特徴を有する。上記の各分野では耐食性確保の観点から、用途に応じためっき鋼板が選択されており、採用されているめっきの種類はさまざまである。

スポット溶接においては、適正溶接電流範囲や電極寿命に対してめっきの有無やめっきの種類の影響が大きい。ここでは、Zn 系、Al 系のめっき鋼板の中で、適正溶接範囲、電極寿命について、ZAM がどのような位置づけにあるのかを報告する。

2.1 供試材および実験方法

表 1 に今回使用した供試材の明細を示す。これらは、

*加工技術研究部 加工第一研究チーム

**加工技術研究部 加工第一研究チーム チームリーダー

全て市販されている Zn 系, Al 系, Zn-Al 合金めっき鋼板である。スポット溶接性について, めっき層の融点や Al の含有量が強く影響することが知られていることから⁷⁾, Al 含有量の異なる材料を選択し, ZAM と比較を行った。また, 自動車分野で広く用いられている合金化溶融 Zn めっき鋼板との比較も併せて行った。

溶接機は単相交流型で定置式のものを用いた。図 1 に電極チップの形状と材質を示す。材質としては, 建材, 家電, そして自動車製造分野で広く使用されている 1% Cr - Cu 合金を採用した。供試材の板厚が 0.8mm に対し, 電極先端径を $5\sqrt{t}$ (t : 供試材板厚 [mm]) とし, 形状は CF 型とした。

電極寿命を調査するための連続打点試験は, 表 2 に示す条件で行った。電極寿命には溶接条件, 特に溶接電流と通電時間が大きく影響する。めっきの種類により健全なナゲットが形成される適正電流範囲が異なることから, 各材料について同じ電流値で電極寿命の調査を行った場合, めっきが電極寿命に与える影響を正当に評価できない可能性がある。そこで, 各材料について引張せん断試験を行い, シャー破断 (接合界面での破断) が発生しない最小電流値 I_s を求め, 溶接電流 I を $I = I_s + 1.4kA$ に設定した。連続打点試験では, 100 打点ごとに引張せん断試験を行い, シャー破断が発生しない最大の打点数を電極寿命とした。通電時間は 12 サイクル一定とした。

2.2 実験結果

2.2.1 適正電流範囲

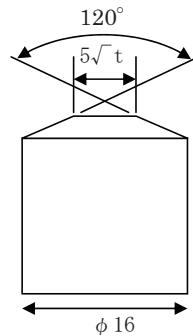
図 2 に, 各種めっき鋼板の適正電流範囲を示す。適正電流範囲は, 引張せん断試験において溶接界面からのシャー破断と母材破断の境界を下限とし, 散りが発生する電流値を上限とした。また $4\sqrt{t}$ 以上のナゲット径が得られる電流値を図中に▲で示した。冷延鋼板 (5.0 ~ 7.1kA) に比べ, めっき鋼板の適正電流範囲は 6.8 ~ 9.2kA と高電流側に位置している。また, 各めっき鋼板を比較すると, めっきの種類によって適正電流範囲は異なっていた。しかし, いずれのめっき鋼板においても適正電流範囲の広さは 1kA 程度あるいはそれ以上であった。

図 3 に, めっき層の融点 (冷延鋼板については母材の融点) とシャー破断限界電流との関係を示す。両者の間には負の相関関係があり, シャー破断限界電流値は ZAM の 8kA から冷延鋼板の 5kA までほぼ直線的に低下した。この理由は, めっき層の融点が高いほど通電初期段階において溶融するめっき量が増大し, 通電面積が拡大することによって, 電流密度が低下するためと考えられる。

表 1 スポット溶接性調査に用いた供試材

Table1 Coated steel sheets used

めっき鋼板	めっき組成 (mass%)	板厚 (mm)	片面めっき付着量 (g/m ²)	めっき厚さ (μm)	めっき層の融点 (°C)
Al めっき鋼板	Al-9Si	0.8	30	11.2	600
Zn-55%Al めっき鋼板	Zn-57Al-2Si	0.8	50	11.1	580
Zn-5%Al めっき鋼板	Zn-4.1Al	0.8	75	10.8	390
ZAM	Zn-6Al-3Mg	0.8	45	7.5	380
溶融 Zn めっき鋼板 (GI)	Zn-0.18Al	0.8	75	10.5	420
合金化溶融 Zn めっき鋼板 (GA)	Zn-10Fe	0.8	40	5.6	880



形状	CF型
材質	1%Cr-Cu合金

図 1 スポット溶接用電極

Fig.1 Electrode tip.

表 2 連続打点試験条件

Table2 Spot welding parameters

溶接機	単相交流式定置形スポット溶接機
設定電流値	$I = I_s + 1.4kA$ I_s : シャー破断限界電流 (kA)
通電時間	12 サイクル
初期加圧時間	30 サイクル
保持時間	30 サイクル
加圧力	1.96kN
打点速度	1 点/秒
サンプリング	100 打点間隔
※電極寿命: 100 打点ごとに引張せん断試験を行い, シャー破断しない最大打点数と定義	

2.2.2 電極寿命

図 4 に, 各種めっき鋼板における電極寿命の調査結果を示す。電極寿命はめっき品種により大きく異なっており, 溶融 Zn めっき鋼板の約 3,800 打点に対し, Al めっき鋼板では 500 打点, Zn-55% Al めっき鋼板では 600 打点, ZAM および Zn-5% Al めっき鋼板では 1,300 打点であり, Al を含有するめっき鋼板では Zn 系めっき鋼板に比べて電極寿命は短くなった。

鋼板	溶接電流 (kA)										
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Alめっき鋼板	強度不足			▲	適正	チリ			溶着		
Zn-55%Alめっき鋼板	強度不足			▲	適正	チリ		溶着			
Zn-5%Alめっき鋼板	強度不足			▲	適正	チリ			溶着		
ZAM	強度不足			▲	適正	チリ			溶着		
溶融Znめっき鋼板(GI)	強度不足			▲	適正	チリ		溶着			
合金化溶融Znめっき鋼板(GA)	強度不足			▲	適正	チリ			溶着		
冷延鋼板	強度不足	適正		チリ					溶着		

▲:ナゲット径 $\geq 4\sqrt{t}$ となる電流値

図2 適正電流範囲

Fig.2 Optimum welding current range.

めっき層中の Al 含有量と電極寿命の関係を図5に示す。両者の間には負の相関関係がある。Zn-55%Alめっき鋼板の電極寿命は溶融 Alめっき鋼板と同程度であるが、ZAMやZn-5%Alめっき鋼板の電極寿命(1,300打点)に比べ溶融Znめっき鋼板の電極寿命(3,800打点)は3倍程度も長く、0.1~10mass%の低Al側でめっき層中のAl含有量の影響が非常に大きいことが明らかとなった。

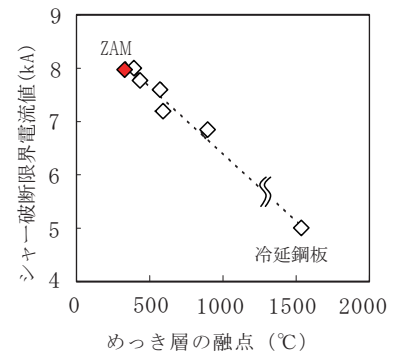


図3 めっき層の融点とシヤー破断限界電流値の関係

Fig.3 Relation between melting point of coating layer and minimum welding current.

鋼板	電極寿命: 打点数 (×1000)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Alめっき鋼板	■								
Zn-55%Alめっき鋼板	■								
Zn-5%Alめっき鋼板	■								
ZAM	■								
溶融Znめっき鋼板(GI)	■								
合金化溶融Znめっき鋼板(GA)	■								
冷延鋼板	■								

図4 各種めっき鋼板の電極寿命

Fig.4 Electrode life in each coated steel sheets.

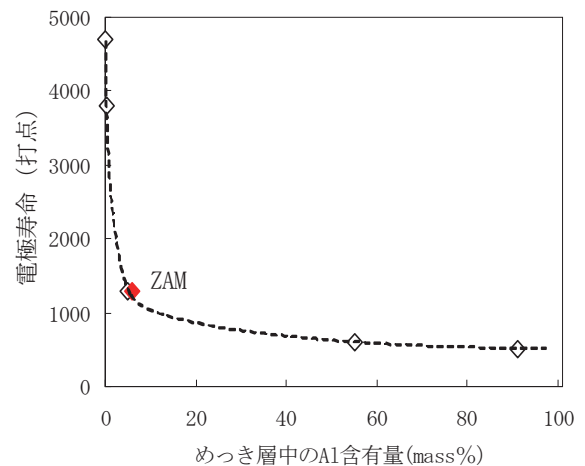


図5 電極寿命に及ぼすめっき層中のAl含有量の影響

Fig.5 Effect of Al content in coating layer on electrode life.

3. アーク溶接性

スポット溶接が薄板分野で適用されていることに比べると、アーク溶接は板厚が厚い住宅、自動車の足回り部品などに適用されている⁸⁾。めっき鋼板へのアーク溶接では、作業性上問題となるスパッタやヒュームの大量発生、溶接強度の面からはピットやブローホールなどの気孔欠陥の発生といった不具合が報告されている^{7,9,10)}。特に溶接部の強度が求められる用途への適用が多いアーク溶接では、溶接強度に影響を及ぼすブローホールの発生が重大な問題となる。そのため、住宅分野で広く採用されている熔融 Zn めっき鋼板を比較材として、ブローホールの発生およびこれらが継手強度に及ぼす影響について調査した。

3.1 供試材および実験方法

実験に用いた供試材のめっき種、めっき付着量、母材の主成分を表3に、機械的性質を表4に示す。アーク溶接性に及ぼすめっき金属組成の影響を調査するため、比較材として熔融 Zn めっき鋼板を用いた。

溶接施工は、建材分野で一般的に用いられている CO₂

表3 アーク溶接性の調査に用いた供試材

Table3 Materials used

めっき種	板厚 (mm)	片面めっき付着量 (g/m ²)	母材の化学成分 (mass%)				
			C	Si	Mn	P	S
ZAM	4.2	75	0.14	0.005	0.55	0.016	0.005
熔融 Zn めっき鋼板 (GI)	4.2	75	0.15	0.003	0.54	0.019	0.007

表4 供試材の機械的性質

Table4 Mechanical properties of materials

めっき種	降伏応力 (MPa)	引張強さ (MPa)	全伸び (%)
ZAM	322	442	35.8
熔融 Zn めっき鋼板 (GI)	300	429	39.0

表5 アーク溶接条件

Table5 Arc welding parameters

溶接機	CO ₂ /MAG 溶接機
溶接速度 (m/min)	0.3
溶接ワイヤー/ワイヤー径 (mm)	ソリッドワイヤー (YGW12)/ φ 1.2
シールドガス/流量 (L/min)	CO ₂ /15.0
溶接電流 (A)	150 ~ 240
アーク電圧 (V)	20 ~ 24

アーク溶接を用いて実施した。表5に、CO₂アーク溶接条件を示す。図6に示すように供試材と同じめっき種の材料を裏当てとして設置した状態で溶接を行い、供試材と裏当て間の隙間 G を調整することによってブローホール発生量を変化させた。溶接ワイヤーは、一般的に使用されている YGW-12 を使用した。

3.2 引張試験片の製作方法

本実験での溶接強度の評価としては、静的引張試験による引張強さを指標として用いた。引張試験は、図6に示した突合せ溶接継手サンプルの余盛と溶接時に設置した裏当てを切除し、溶接金属部分の板厚をほぼ一定とした状態から JIS Z 2201 で規定される 5号試験片を切り出して実施した。試験片の切り出し位置としては、裏当てと余盛を切除したサンプルのブローホール発生状況を X 線透過試験により確認し、その結果を基にブローホール発生量の異なる部位を選択した。

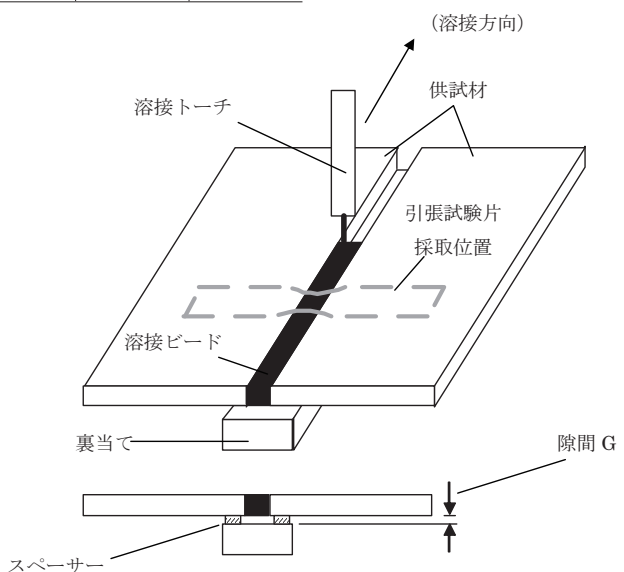


図6 アーク溶接方法

Fig.6 Arc welding method.

3.3 ブローホール発生量の評価方法

引張試験により溶接金属内で破断した溶接継手断面を 図 7 に示す。図によると、破断はブローホールを経路として伝播していることから、その発生量を定量的に評価する必要がある。ブローホール発生量の評価方法としては、一定の長さの溶接ビード長当りの発生個数を評価する方法と、発生したブローホール直径を積算して溶接ビード長に対する比率で評価する方法が一般的である。このうち、発生個数で評価する方法は、一つ一つのブローホール寸法を考慮しないため、溶接継手の引張強さに対するブローホールの影響を定量的に把握することは困難である。

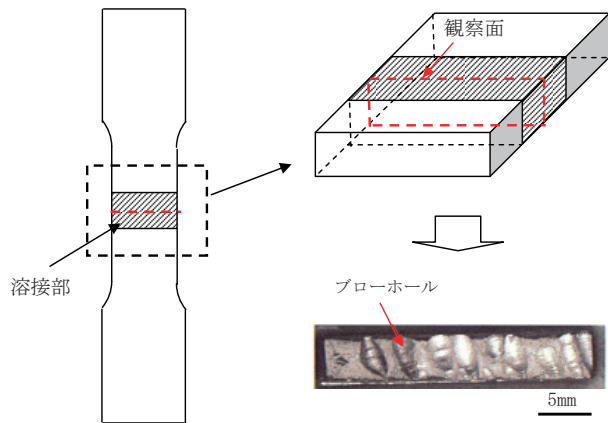


図 7 ブローホール発生状況の一例

Fig.7 Example of blowholes in weld metal.

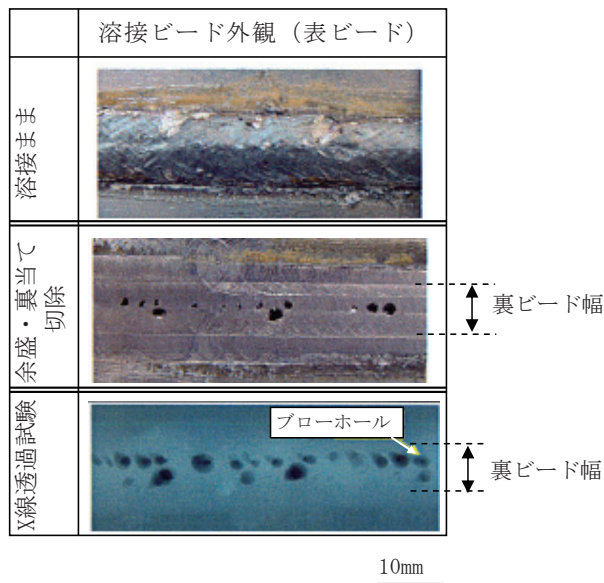


図 9 ZAM の突合せ溶接継手サンプルの溶接ビード状態と X 線透過試験結果の観察例

Fig.9 Example of X-ray test in butt weld joint of ZAM.

図 8 に示すように X 線透過試験で検出したブローホール直径 $d_1 \sim d_n$ を測定し、式 (1) に基づいて溶接線長 L に対するブローホール占有率 B_s を求め、評価の指標とした。

$$B_s = (d_1 + d_2 + d_3 + d_4 + d_5 + \dots + d_n) / L \dots \dots \dots (1)$$

ただし、ブローホールの発生位置は、溶接金属内に一列の状態であるのではなく複数列に渡って発生している場合もあるため、発生位置が重なっている場合は 図 8 の d_3 に示したように重なり長さを除外してブローホール直径を測定した。

3.4 実験結果

3.4.1 突合せ溶接継手サンプルの状態

図 9 に突合せ溶接継手サンプルの溶接ビード外観と X 線透過試験結果の一例として、隙間 G を 0mm として溶接した ZAM の例を示す。溶接ままの溶接ビード表面においてはそのビード表面の空孔として一般に定義されているピットの発生は認められなかったが、溶接ビードの余盛と裏当てを切除するとブローホール発生による空孔が確認された。溶接ビードの余盛および裏当てを切削により切除した後、X 線透過試験をした結果、ブローホールはほぼ裏ビード幅の領域で発生していた。また、図 10 に示すように溶接ままのサンプルにおける溶接金属の厚みや表および裏ビードの幅寸法は、ZAM と溶融 Zn めっき鋼板ではほぼ同じであった。

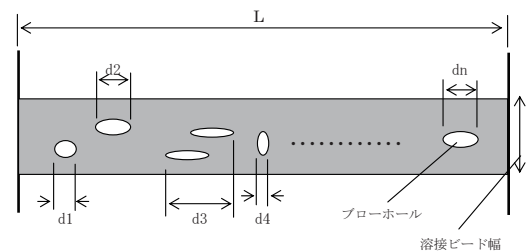


図 8 ブローホール直径の測定方法

Fig.8 Measurement method of blowhole diameter.

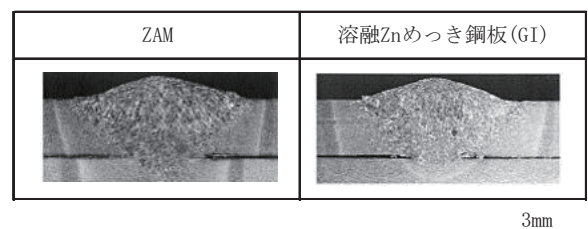


図 10 溶接部断面状態の比較

Fig.10 Comparison in cross-section of welded zone.

3.4.2 ブローホール発生量

溶接ビード長を 900mm として実験したときのブローホール占有率Bsの結果を図 11 に示す。隙間を与えることにより、ブローホール占有率Bsは低くなる傾向を示し、G=0.6mm になると、ブローホール占有率Bsはほぼ0%となった。これは、隙間から Zn 蒸気が排出しやすくなるためと考えられる。ZAM のブローホール占有率Bsは、全ての隙間Gに対し、溶融 Zn めっき鋼板よりも低くなった。また、図 12 に ZAM と溶融 Zn めっき鋼板とのブローホール直径と発生数の比較結果を示す。ブローホールの全発生数は、ZAM が 282 個、Zn めっき鋼板が 384 個と、ZAM の方が溶融 Zn めっき鋼板よりも少なかった。このようにめっき種によってブローホール占有率Bsが異なる原因としては、めっき層中の Zn 含有量の違いにより Zn 蒸気量が異なることが考えられる。また、別の原因としては、溶融池の粘性による Zn 蒸気の排出状況の違いが考えられる¹¹⁾。そこで、供試材のめっき成分の溶接金属への混入状況をプラズマ発

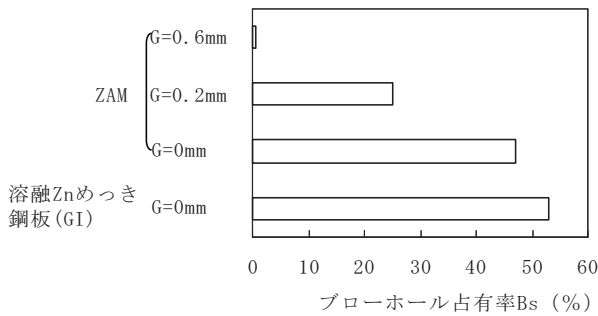
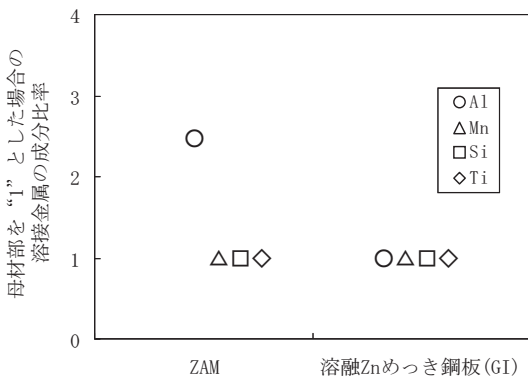


図 11 ブローホール占有率の比較

Fig.11 Comparison in blowhole fraction.



	母材の化学成分 (mass%)			
	Al	Mn	Si	Ti
ZAM	0.008	0.71	0.30	0.001
溶融Znめっき鋼板 (GI)	0.008	0.73	0.23	0.001

図 13 母材成分と溶接金属成分の比較

Fig.13 Comparison of chemical compositions in base metal and weld metal.

光分光分析法により調査した結果を図 13 に示す。縦軸は母材部における各成分の含有量を“1”とした場合の溶接金属中に含まれる各成分の比率を示す。溶接金属成分のうち ZAM と溶融 Zn めっき鋼板と異なるのは Al 量であり、ZAM の溶接金属には溶融 Zn めっき鋼板と比較して 2 倍以上多く Al が混入していることがわかる。図 14 に鉄の粘性に及ぼす、添加元素の影響を示す¹²⁾。Al は鋼の溶融金属に混入した場合、Si や Mn に比べて微量でも大幅に粘性を下げる性質を示す。ZAM においてブローホール占有率Bsが低かったのは、溶融 Zn めっき鋼板に比べてめっき層中の Zn 含有量が少ないこと、および溶融池に Al が混入して粘性が低下したためブローホールが排出されやすくなったことによるものと考えられる。

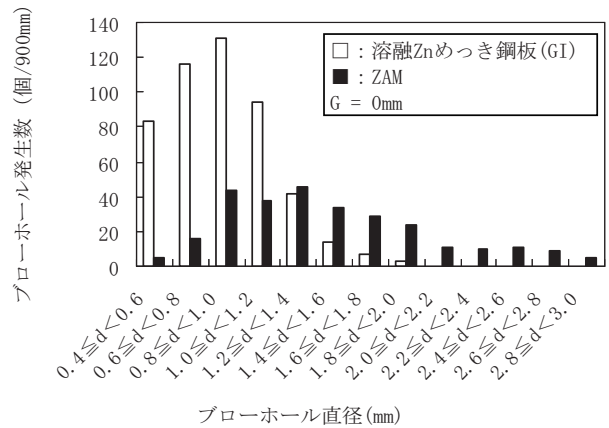


図 12 ブローホール直径の分布

Fig.12 Distribution of blowhole diameter in weld metal.

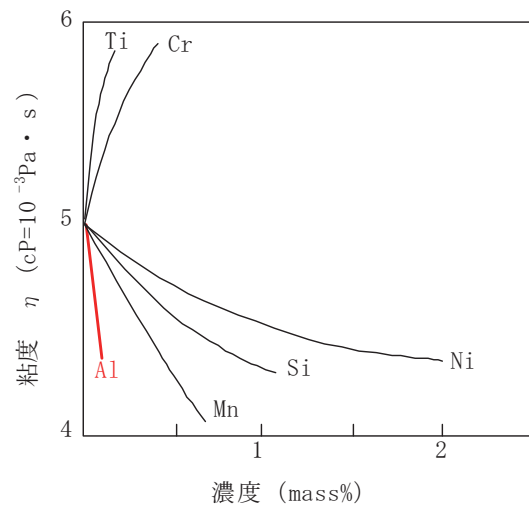


図 14 鉄の粘性に及ぼす添加元素の影響¹¹⁾

Fig.14 Influence of the additional element exerted on iron viscosity.

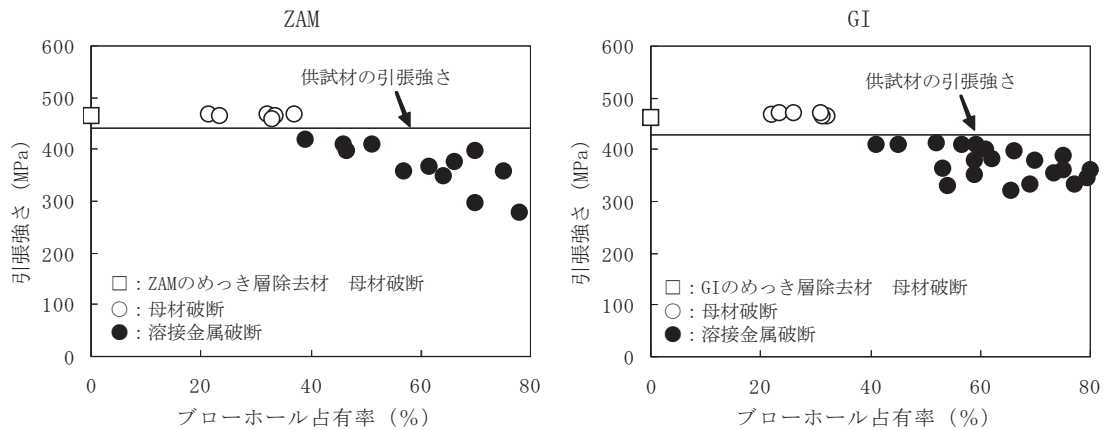


図 15 ZAM の溶接継手の引張強さに及ぼすブローホール占有率の影響

Fig.15 Effect of blowhole fraction on tensile strength.

3.4.3 溶接継手の引張強さ

ZAM および溶融 Zn めっき鋼板の溶接継手の引張強さに及ぼすブローホール占有率 Bs の影響を図 15 に示す。めっき層を除去した供試材でブローホール占有率 Bs が 0% である場合は、母材破断であり、引張強さも母材とほぼ同等であった。一方、ZAM あるいは溶融 Zn めっき鋼板の場合、いずれもブローホール占有率 Bs が約 30% までは母材破断となり引張強さもほぼ一定であったが、30% を超えた場合は溶接金属破断となり引張強さはブローホール占有率 Bs の増加とともに低下した。なお、前述のように、板間に隙間を設けることでブローホール占有率 Bs を低下させることが可能であり、実施工時には板間に隙間を付与したような設計を行うことが望ましい。

4. レーザー溶接

自動車分野における接合方法は、スポット溶接などの抵抗溶接とアーク溶接が主流であるが、設計やデザインの自由度拡大、コスト低減や軽量化を目的として、レーザー溶接の適用が広がってきている^{13・15)}。今後ますますレーザー溶接の適用が拡大していくと考えられるため、ZAM のレーザー溶接性について調査を行った。なお、調査は自動車部品用途に広く使用されている合金化溶融 Zn めっき鋼板を比較材として、主にピットやブローホールなどの溶接欠陥に着目して検討を行った。

4.1 供試材および実験方法

表 6 にレーザー溶接性の調査に用いた供試材を示す。板厚を 0.8mm とし、めっき付着量を変えた ZAM および合金化溶融 Zn めっき鋼板を用いた。

表 7 に今回の実験方法を示す。表 8 には供試材の組

表 6 レーザー溶接性調査に用いた供試材

Table6 Materials used

めっき種		板厚 (mm)	片面めっき付着量 (g/m ²)
ZAM	ZAM30	0.8	30
	ZAM45		42
	ZAM90		75
合金化溶融 Zn めっき鋼板 (GA)	GA30	0.8	30
	GA45		45
	GA90		70
冷延鋼板		0.8	-

表 7 レーザー溶接条件

Table7 Laser welding parameters

溶接機	LD 励起 YAG レーザー溶接機
溶接継手形状	重ね継手
スポット径 (mm)	0.6
出力 (kW)	2.5
溶接速度 (m/min)	2.0
シールドガス / 流量 (L/min)	Ar/15
隙間 G (μm)	0 ~ 100

表 8 接合サンプルの組合せと略称

Table8 Combination of welded joints

略称	供試材の組合せ	
	上	下
ZAM30/0	ZAM30	冷延鋼板
ZAM30/30	ZAM30	ZAM30
ZAM45/0	ZAM45	冷延鋼板
ZAM45/45	ZAM45	ZAM45
ZAM90/0	ZAM90	冷延鋼板
ZAM90/90	ZAM90	ZAM90
GA30/0	GA30	冷延鋼板
GA30/30	GA30	GA30
GA45/0	GA45	冷延鋼板
GA45/45	GA45	GA45
GA90/0	GA90	冷延鋼板
GA90/90	GA90	GA90

合せを、**図 16**には重ね溶接継手の形状を示す。評価方法は X 線透過試験により、溶接長 100mm の間に発生したピット、ブローホールの個数を計測した。また、重ね溶接継手に対して板間の隙間 G を変化させた場合の隙間 G と気孔欠陥の関係についても調査した。

4.2 実験結果

図 17に X 線透過試験結果の一例を、**図 18**に隙間 G=0 のときのめっき付着量とブローホール発生量の関係を示す。ZAM, 合金化溶融 Zn めっき鋼板ともに溶接金属内部には多数のブローホールが発生しているが、ZAMの方が全ての付着量の組合せで合金化溶融 Zn めっき鋼板よりもブローホールの発生量が少なかった。これは、アーク溶接時と同様にめっき層中の Zn 含有量が少ないこと、めっき成分中の Al 含有量が多いことによる影響と考えられる。また、ブローホールの発生量は、めっき付着量の増加に伴い増加する傾向にあった。

ブローホールの発生量と隙間 G の関係の一例を**図 19**に示す。図に示すように、ZAM と合金化溶融 Zn めっき鋼板では全体的に ZAM の方がブローホールの発生は少なく、ブローホールを防止できる隙間 G も小さいことがわかった。板間の隙間を大きくしすぎると接合部の溶融面積が狭くなり、継手強度が低下する恐れがある。このため、隙間をより小さくできる ZAM の方が合金化溶融 Zn めっき鋼板よりもレーザー溶接性に優れていると考えられる。

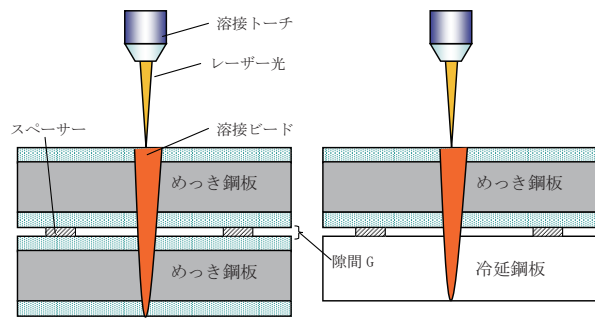


図 16 レーザー溶接方法
Fig.16 Laser welding method.

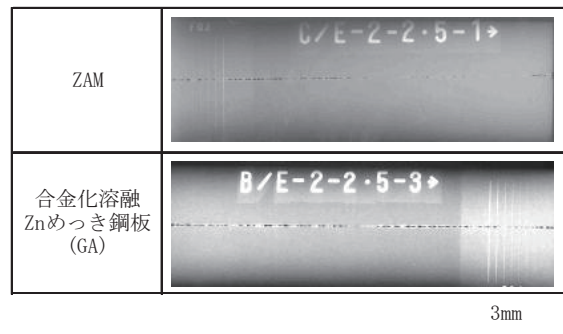


図 17 X 線透過試験によるブローホール発生状況の観察例
Fig.17 Example of blowholes in X-ray test.

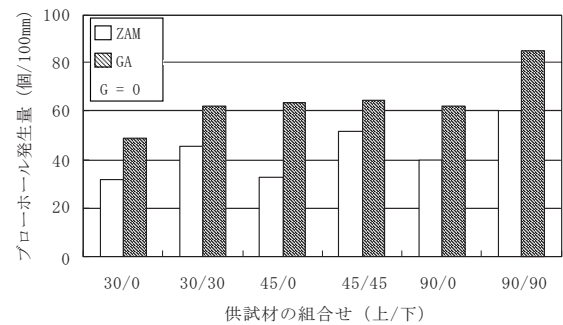


図 18 ブローホール発生量に及ぼすめっき種の影響
Fig.18 Difference of blowhole generation between ZAM and GA.

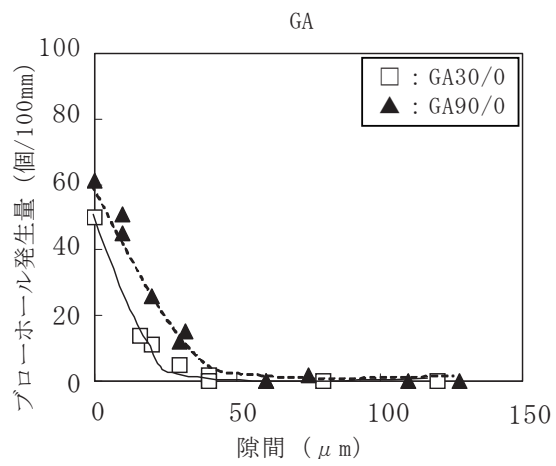
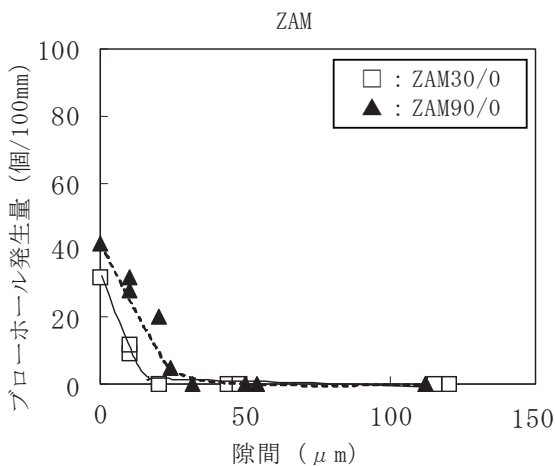


図 19 ブローホール発生量に及ぼす隙間の影響
Fig.19 Influence of sheet gap on the blowhole generation.

5. 結 言

ZAMの溶接性として、スポット溶接、アーク溶接、レーザー溶接について調査を行った。以下に主な結果を示す。

- (1) スポット溶接における適正電流範囲はめっきの融点により、シャープ破断限界電流が異なり、めっきの融点が低いほど、シャープ破断限界電流は高くなる。ZAMのめっき融点は比較しためっき種の中で最も低いことから、シャープ破断限界電流は最も高くなった。ZAMの適正電流範囲の広さは、他のめっき種と同程度であった。
- (2) スポット溶接における電極寿命は、めっき層中のAl含有量に左右される。ZAMはめっき層中に約6mass%のAlを含有しているため、電極寿命はZn-5mass%Alめっき鋼板と同程度であった。
- (3) アーク溶接において、ZAMは溶融Znめっき鋼板と比べてブローホール発生量が少なかった。これは、ZAMが溶融Znめっき鋼板と比べて、めっき層中に含まれるZn量が少ないため、発生するZn蒸気も少ないことと、溶接金属中のAl含有量が多いため、溶融池の粘性が低下し、Zn蒸気が排出されやすいことが原因であると考えられる。
- (4) ZAMの突合せ溶接継手の引張強さは溶融Znめっき鋼板の場合と同様で、ブローホール占有率が約30%までは母材破断となり引張強さもほぼ一定であったが、30%を超えると溶接金属破断となり引張強さもブローホール占有率の増加とともに低下した。
- (5) レーザー溶接においてはアーク溶接と同様、ZAMの方が合金化溶融Znめっき鋼板よりもブローホールが少なかった。また、いずれのめっき鋼板も板間の隙間を大きくするとブローホール発生量は低下する傾向にあったが、ZAMは合金化溶融Znめっき鋼板よりもブローホールを防止できる隙間を小さく設計することが可能である。

このように、ZAMの溶接性は他のZn系、Al系のめっき鋼板と異なる特徴を有しているが、それぞれの溶接方法で適正な溶接条件を選択することで、良好な接合継手を得ることができる。

最後に、本報で述べたように、ZAMは他のめっき種と適正溶接条件に差を有していたり、溶接欠陥の発生状況が異なったりする場合があります。材料の特性、溶接性を理解し、十分な溶接テストを行った上で使用されることが望ましい。弊社は、ZAMの溶接に関するデータや問題点に対するノウハウを豊富に有しており、施工時の不具合や、設計段階での疑問点など、お気軽に問合せいただきたいと思います。

本報がZAMの高耐食性を活用した商品の開発に対する一助となれば幸いです。

参考文献

- 1) 小松厚志, 泉谷秀房, 辻村太佳夫, 安藤敦司: 日新製鋼技報, 81 (2001), 10.
- 2) 野村浩二, 小西徳次郎, 近藤正恒: 溶接学会全国大会講演概要, 45 (1989), 176.
- 3) 斉藤 亨: 溶接学会誌, 60 (1991) 6, 484.
- 4) 向井喜彦, 西村 新, 中島淳雄, 奥 清司: 溶接学会論文集, 7 (1989) 1, 70.
- 5) 山田 稔, 小西正人, 中野利彦: 材料とプロセス, 3 (1990), 1512.
- 6) 竹之内 優, 冷水孝夫: 溶接学会誌, 60 (1991) 6, 490.
- 7) 江里口 徹, 曾我 聡, 朝田 博, 井上正二: 日新製鋼技報, No.72 (1995), 35.
- 8) 鈴木励一: 溶接技術, 54-9 (2006), 124.
- 9) 黒部 淳, 東 努, 朝田 博: 日新製鋼技報, No.88 (2007), 29.
- 10) 鈴木励一: 溶接技術, 54-10 (2006), 124.
- 11) 篠田 剛, 菱川哲夫, 杉浦三郎, 竹内宥公: 材料とプロセス, 2 (1989), 631.
- 12) 日本鉄鋼協会: 第三版鉄鋼便覧, 丸善, 東京, 1 (1981), 39.
- 13) W.Prange: Steel Times, (1988), 1, 25.
- 14) D.Petring: 溶接学会誌, 73 (2004), 539.
- 15) 宮崎俊行, 宮沢 肇, 村川正夫, 吉岡俊朗: レーザ加工技術, 産業図書, 東京, (1991), 95.