

自動車へのアルミニウム適用に向けた接合技術

Aluminum Joining Technology for Automotive Applications

岡田 俊哉

Toshiya Okada

概要 世界的に二酸化炭素排出抑制が求められるなか、自動車業界に対しては燃費効率に対する規制が強化されつつある。燃費効率改善に大きく貢献するのが車体の軽量化であり、アルミニウムの採用の効果が多大である。既にエンジンやホイールなどの鋳物へのアルミニウムの適用は多く見られるが、近年、ドアやトランクリッドなど、各種フード類への適用も広がりつつある。しかし、成形加工や接合などの製造技術に対して、アルミニウム特有の課題も明らかになってきた。そこで、本稿では現在、自動車に用いられているアルミニウムの接合方法およびFSWやハイブリッドレーザなど、近年開発された接合技術を紹介し、さらに今後考えられるアルミニウム適用部位の接合方法やテーラードブランク技術などについて解説を行う。

Abstract: With the growing requirement for suppressing the carbon dioxide emission throughout the world, regulations for fuel efficiency improvement are strengthening in the automotive industry. Car weight reduction through aluminum use makes a significant contribution to fuel efficiency improvement. Aluminum use in castings for engines and wheels is commonly found by now, recently spreading to the hood materials such as doors and trunk lids. In parallel with this, it has been found that the manufacturing technologies such as forming and joining pose a technological problem that is specific to aluminum. This paper presents an explanatory overview of aluminum joining technologies for automobiles including those in current use together with the recently developed ones such as friction stir welding (FSW) and hybrid laser welding, followed by their possible aluminum applications.

1. はじめに

世界的な環境対応、特に地球温暖化防止への動きが産業界から個人レベルまでその範囲を広げつつある。日本国内においては全体の二酸化炭素排出量の内訳の約20%は自動車からと言われている。この排出量を削減することが自動車業界全体の重要な課題となっており、省エネ法により自動車の2015年度燃費基準が策定され、2015年度には2004年度の実績と比べて平均23.5%の燃費改善が必須となった¹⁾。

燃費向上の手法にはエンジン性能の向上を始めとする各種の方法が挙げられるが、車体の軽量化、特に鉄鋼からアルミニウムへの材料置換が有効な手段の1つである。現在、既に、エンジン、ホイール、ボディーパネルな

どを中心に100 kg/台程度のアルミニウム材料が使用されているが、上記のような厳しい燃費基準を達成するためには車体へのアルミニウム材料の適用拡大が今後必要になるとと思われる。

本稿では、上記のような背景を踏まえ、アルミニウムを多用する自動車に求められる接合技術の現状と課題について解説する。

2. アルミニウムの接合方法

2.1 アルミニウムの接合の特徴(溶融溶接における鉄鋼材との比較)

アルミニウムの接合、特に溶融溶接(溶接)を行う場合、自動車で多用される鉄鋼材料と大きく異なるアルミニウ

ムの材料物性値が溶接に対して影響を及ぼす因子となる。代表的なアルミニウムと鉄鋼の物性値の比較と溶接への影響を表1^{2), 3)}に示す。

鉄鋼に比べ溶融温度が低いいため、一見溶融しやすいように考えられるが、溶融潜熱および比熱は高く、熱伝導率の高さと相俟って、熱が逃げやすく局部加熱が難しくなり、溶融させるには多量の熱を急速に供給する必要がある。また、熱伝導率と同様に電気伝導率も高いため、抵抗スポット溶接(スポット溶接)を行う際、瞬時に大きなエネルギーが必要となる。さらに、線膨張係数も高いため溶接ひずみの発生にも注意が必要である。

鉄鋼に比べ耐食性が良いとされている理由の1つは、材料表面に生成される強固な酸化皮膜の存在がある。しかし、この酸化皮膜は一種のセラミックスであり、融点は2000℃以上と非常に高く、溶接時に除去を怠ると欠陥や不完全部の要因となる。また、スポット溶接時には絶縁皮膜となり、電極材料の消耗の原因にもなるため、除去が必要である。

溶融したアルミニウムは水素を非常に吸収しやすく、水素の最大溶解量と融点における溶融量の比は鉄鋼に比べて非常に高い。そのため冷却時に水素ガスの逸出しやすい条件が得られない場合は、凝固後ポアやポロシティなどとして残留するため注意が必要である。

さらにアルミニウムはSi, Mg, Cuなど種々の元素を添加した合金として使用されるため、その添加元素の特性が溶接時の割れなどに影響を及ぼす場合がある。したがって、溶接を含めた接合方法の選定には、アルミニウムの特性を十分考慮する必要がある。

2.2 接合方法の分類

アルミニウムに適用されている代表的な接合方法を接合時に投入する主要なエネルギー源別に分類すると表2⁴⁾のようになる。

現在、工業的に制御可能なエネルギー源はすべて接合

のためのエネルギー源に活用できると言える。

特に電気的エネルギーは他のものに比べ格段に接合熱源としての制御が容易で、またエネルギーの集中化が図りやすい長所を備えている。広い範囲で用いられているアーク溶接や自動車の製造に多く用いられているスポット溶接はこの分類に含まれる。

化学的エネルギーは、主に化学反応を利用した接合方法となる。ろう付に関しては諸説あるが、本稿ではこの分類とした。なお、接着接合およびろう付の詳細な説明はここでは行わない。

機械的エネルギーの場合は、溶融を伴わない接合法が主体となる。ねじ、リベット、ボルトなどを用いる締結による接合とかしめやクリンチングもこの分類に入る。

超音波エネルギーは超音波の振動を利用し、接合界面での局所的摺動摩擦熱にて接合している。

光エネルギーは集束制御特性が優れているため電気的エネルギー以上に高エネルギー密度の接合熱源を得ることが可能である。

一般的に溶接は接合熱源を有する工法が対象となる。材料を加熱・溶融させるため、熱源エネルギー密度がその特性に大きな影響を与える。

図1^{4), 5)}に各種溶接熱源による溶込みおよびエネルギー密度の比較を示す。用いた素材は鋼材であるがアルミニウムの場合も同様の溶込み形態をとる。電子ビームおよびレーザは深い溶込みを得ることができ、高密度の溶接を高速で行うことが可能である。

3. 接合方法の概要

自動車の車体製造に用いられる代表的な接合方法の特性を表3に示す。それぞれの接合方法に対して適用可能な厚み、設計の自由度に影響する継手の形状、隙間やギャップなどの接合部の精度、タクトタイムに影響する

表1 アルミニウムと鉄鋼の物性値の比較と接合(溶接)性への影響
Table 1 Comparison of physical properties of aluminum and steel, and their effect for weldability.

項目	アルミニウム材		冷延鋼板 (SPCC)	アルミニウム接合(溶接)性への影響
	5083-O	6061-T4		
溶融温度 (°C)	574~638	582~652	約1530	・入熱不足 ・溶融不足
溶融潜熱 (×10 ² J/g)	3.89		2.70	
比熱 (J/kg・°C)	917		456	
熱伝導率 (20°C) (kW/(m ² ・°C))	0.12	0.15	0.08	
電気伝導率(20°C) (IACS, %)	29	40	16	・溶接ひずみの発生
線膨張係数(20°C) (×10 ⁻⁶)	24.2	23.6	11.7	
酸化性 (酸化皮膜)	・酸化しやすい ・強固な高融点の酸化皮膜(Al ₂ O ₃)が形成		(Fe ₃ O ₄)	・融合不良, 介在物の発生・酸化皮膜によるスポット溶接時の電極の消耗
泡立ちを起こすに必要なアーク雰囲気中の水素の最低分圧(H ₂ %)	0.03		23 (Fe)	・ポア, ポロシティの発生
割れ感受性	合金組成に依存		—	・凝固割れ, HAZ割れの発生

表2 アルミニウムに適用される代表的なエネルギー源と接合方法の分類
Table 2 Typical aluminum joining methods categorized by their energy source.

エネルギー源	接合方法		
電氣的エネルギー	アーク溶接	溶極式	ミグ溶接 (MIG)
			エレクトロガスアーク溶接
			ミグスポット溶接
			スタッド溶接
		非溶極式	ティグ溶接 (TIG)
			プラズマ溶接
	電子ビーム溶接		
	抵抗溶接	スポット溶接	
		シーム溶接	
		プロジェクション溶接	
バット溶接			
化学的エネルギー	爆発溶接		
	ろう付	ガスろう付, 炉内ろう付	
		はんだ付	
	接着接合		
機械的エネルギー	摩擦接合	摩擦圧接	
		摩擦攪拌接合 (FSW)	
		摩擦攪拌点接合	
	圧接	加熱圧接	
		冷間圧接	
		拡散接合	
	機械的接合	ねじ締結	
		リベット, ボルト	
		かしめ, クリンチング	
超音波エネルギー	超音波溶接		
光エネルギー	レーザー溶接	気体	炭酸ガスレーザー (CO ₂)
			エキシマレーザー
		固体	Nd: YAG レーザ
			ディスクレーザー
		半導体	ファイバレーザー
	半導体レーザー		

接合速度, ロボット化やライン化などの自動化への対応, コスト, ひずみや変形の要因である熱影響, 内部欠陥, 作業環境および異種金属接合の可否についての比較を行った。

次に各接合方法についてその概略を説明する。

3.1 アーク溶接

アルミニウムに適用されるアーク溶接は, アルゴンやヘリウムなどの不活性ガスによるシールドを用いたミグ (MIG: metal inert gas arc) 溶接およびティグ (TIG: tungsten inert gas arc) 溶接の2種類であり, とともに被溶接材に溶接機器類が非接触の溶融接合である。

3.1.1 ミグ溶接

ミグ溶接は, コイル状に巻かれた電極ワイヤを連続的に溶接部に送り込みながら, 図2aのようにワイヤ先端と被溶接材との間にアークを発生させ, 電極ワイヤを溶融しながら溶接を行う溶接法である。

片側から施工できる接合方法の中でも比較的簡単な設備であり, 部品の寸法精度, 隙間・ギャップの管理もある程度許容できるなど, 多くの利点から広く用いられている。一方, 熱影響部が広く, ひずみが発生しやすいため1.0 mm以下の薄板の溶接には不向きで, 内部欠陥に対する注意が必要であることなど, 継手形状や設計の自由度には制約がでてくる。

ただし, 近年, 溶接機の電源特性や制御機器類の技術進歩により2.0 m/minとさらなる溶接速度の向上や入熱量を抑えつつ溶込みも維持でき, 熱ひずみが少なく, 薄板へも適用可能になるなど, 従来の問題点も改善しつつある。

3.1.2 ティグ溶接

ティグ溶接は外観, 内部品質が良好, 小回りが利くな

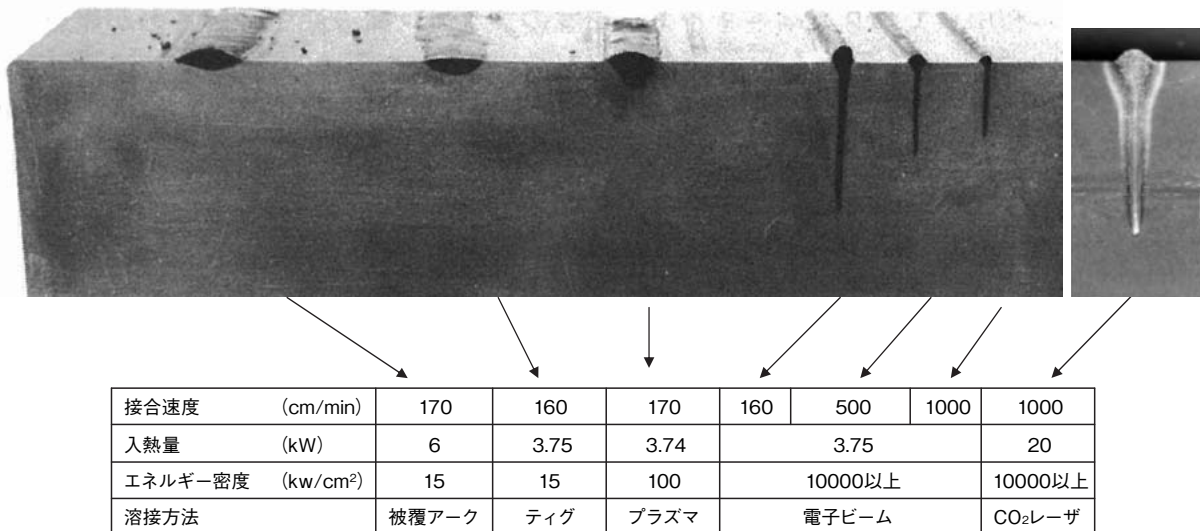


図1 各種溶接熱源による溶込みおよびエネルギー密度の比較 (鋼材)
Fig.1 Comparison of melting depth and energy density for various welding heat sources (in case of steel).

表3 自動車に適用される代表的な接合方法の特性比較(接着およびろう付を除く)
Table 3 Characteristics comparison of typical joining methods applied to automobiles (excluding brazing).

接合方法	適用材料厚み (mm)	適用継手形状※1)			接合部の 精度※2)	接合速度 (m/min)	自動化 ※4)	コスト		熱影響 (熱ひずみ, 軟化)	内部欠陥 ※5)	作業環境 ※6)	異種金属 ※7)	
		突合せ	隅肉	重ね				設備費	施工費					
アーク溶接	ミグ溶接	1.0~	○	○	○	~1.0	○	中	中	大	△	△	△	
	ティグ溶接	~3.0	○	○	○	~0.5	△	小	中	大	○	△	△	
抵抗溶接	スポット溶接	合計10程度	×	×	○	~1.8※3)	○	中	大	小	○	△	△	
接着接合		合計10程度	×	×	○	-	△	小	中	小	○	△	○	
摩擦接合	摩擦攪拌接合(FSW)	~50	○	△	△	×	~6.0	○	中	小	中	○	○	○
	摩擦攪拌点接合	合計6.0程度	×	×	○	○	~1.8※3)	○	中	小	小	○	○	△
リベット	セルフピアシングリベット	合計6.0程度	×	×	○	○	~1.8※3)	○	中	大	小	○	○	○
レーザ溶接	レーザ単独	~10	○	○	○	×	~10	○	大	大	小	△	△	△
	ハイブリッドレーザ	~10	○	○	○	△	~5.0?	○	大	大	小	○	△	△

※1): ○; 適用可 △; 一部可 ×; 適用不可

※2): ○; 余裕度高い △; やや注意が必要 ×; 余裕度低い

※3): 1打点/secとして30mmピッチの接合を行った場合

※4): ○; 容易 △; 可能だが難しい ×; 不適当

※5): ○; 良好 △; 施工時注意を要する

※6): ○; 良好 △; 施工時注意を要する

※7): ○; 適用可 △; 限定的に可

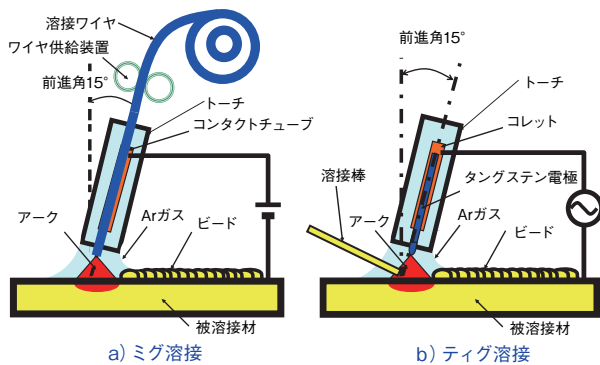


図2 ミグ溶接およびティグ溶接の原理
Fig.2 Principle of MIG welding and TIG welding.

ど、様々な点で万能的に用いられている。図2bに示すようにタングステン電極と被溶接材の間にアークを発生させ、そのアーク熱により被溶接材および溶接棒を溶融して接合するものである。

その機構上、自動化やロボット化ではなく手動溶接での適用が大半になるため溶接速度が上げられず熱影響部が広い、熱変形が大きい、さらには溶接技量を必要とする、などの問題がある。ミグ溶接同様に機器類の進歩はあるが、今後も主要な部位ではなく小物部品や補修などがその適用範囲になるとと思われる。

3.2 抵抗溶接

抵抗溶接は抵抗発熱を利用する接合方法で、一般的にスポット溶接が最も広く利用されている。2枚以上の被溶接材を上下から電極ではさみ、加圧しながら大電流を瞬間的に流し、被溶接材料間の電気抵抗による発熱を利用してナゲット(溶融金属部)を形成させる工法である。短時間での接合が可能であり、自動化およびロボット化が容易であるため、大半の鋼材車体の製造に用いられている。

アルミニウムに適用する場合、熱伝導率および電気伝

導率が高いことがデメリットとなり、構造部材に必要な継手強度およびナゲット径を得るには鋼材の2倍程度の加圧力と2~3倍の電流が必要となる。また、アルミニウム表面部に形成されている強固な酸化皮膜の影響、電極材料(クロム銅合金が一般的)とアルミニウムの合金化が原因の電極損耗が生じ、通電阻害により継手強度のバラツキの発生やナゲットの不均一生成、鋼材に比べて連続打点性が劣る、などの問題がある。

さらに、1999年以降から自動車に用いられる板材は成形性や焼付塗装処理時の強度向上などの利点から6000系合金が主流になりつつある。それ以前に用いられていた5000系合金に比べ、6000系合金は電気伝導率が高いため、抵抗発熱を得るには溶接時の電流をより高くする必要がある。図3に6000系合金(Al-0.6%Mg-1.0%Si)および5000系合金(A5182)を用いた場合1000打点までの連続打点結果を示したが、所定の表面処理と適正な溶接条件の選定により1000打点以上の連続打点は可能である(図中には原理図を示した)。今後も材料表面の開発や溶接機器類の改善により連続打点性も向上すると思われる。

近年、スポット溶接の採用が減りつつあるが、補助材料を必要とせず、また、鋼材を用いた車体の製造で長年培ってきた施工技術や品質管理のノウハウが応用できるなど、多くの利点があり重要な接合方法の1つであることには変わりはない。

3.3 摩擦接合

3.3.1 摩擦攪拌接合(FSW)

摩擦攪拌接合(FSW: friction stir welding)は、1991年に英国のTWI(The Welding Institute)にて開発された比較的新しい接合技術である⁶⁾。国内では鉄道車両や船舶を始めアルミニウムの各種構造物に用いられ、一般的な接合技術になりつつあり、また、2009年7月を目標に国際規格承認(ISO標準化)も進められている。

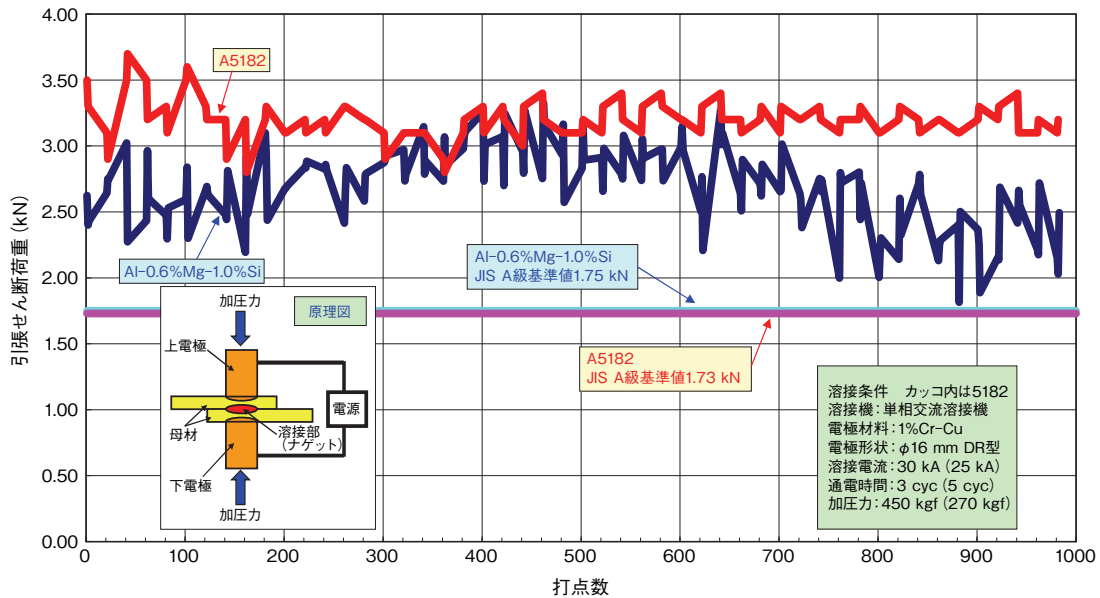


図3 A5182 (素板塗油あり)とAl-0.6%Mg-1.0%Si (酸洗塗油あり)の連続打点結果(引張)
 Fig.3 Tensile strength of continuous spot welding for A5182 (with oil on the sheet) and Al-0.6%Mg-1.0%Si (with oil after pickling on the sheet).

基本的には摩擦圧接を応用したもののだが、図4 7)に示すように被接合材の突合せ面に回転ツールを回転させながら挿入し、突合せ面に沿って移動させることにより接合する工法で、従来の回転摩擦圧接とはその機構が異なる。本接合方法は接触式の線接合のため、自動車車体へ適用する場合、一部の車種の足回り部品⁸⁾での採用例はあるが、その部位は限定される。

3.3.2 摩擦攪拌点接合

上記、摩擦攪拌接合を応用したものであり、重ね継手に用いる点接合である。従来のスポット溶接の代替として一部の量産車へも適用もされている。図5 9), 10)に原理、外観および断面の状態例を示す。摩擦攪拌接合同様の回転工具を、重ね合わせた被接合材に挿入し、移動させずに一定時間保持した後、そのまま引き抜くことにより接合する工法である。

スポット溶接と同等の継手強度特性(引張せん断強度や疲労強度など)が得られ、接合時に有する消費電力は少ない。チリやヒュームの発生はなく作業環境は良好で裏面側は平滑が維持されるなどの利点がある。しかし、摩擦攪拌接合同様に接合表面(回転工具挿入面)部には穴と円形状突起(バリ)が残るため、板厚減少による強度低下や耐食性が懸念される場合もある。

3.4 リベット

現在、自動車車体に用いられているリベット接合は、セルフリピアングリベット (SPR) と呼ばれるタイプである。図6に概略を示すが、本接合方法もスポット溶接同様に重ね継手に用いる点接合である。被接合材に円筒形のリベットを打ち込み、リベットの脚が広がることに

より締結力を得ている。被接合材を選ばないため、異種金属材料との接合も可能であり、量産車への適用事例も見られる¹¹⁾。

リベットは結合補助材料である。アルミニウム製も一部にあるが、一般的には鋼材が用いられているため電食対策には注意を必要とする。また、打点数はそのままリベット数となるため適用時には重量増加など、接合強度以外にも考慮すべき点がある。さらに、将来、リサイクルの観点からはアルミニウムと鋼材の混在が問題となる可能性も考えられる。

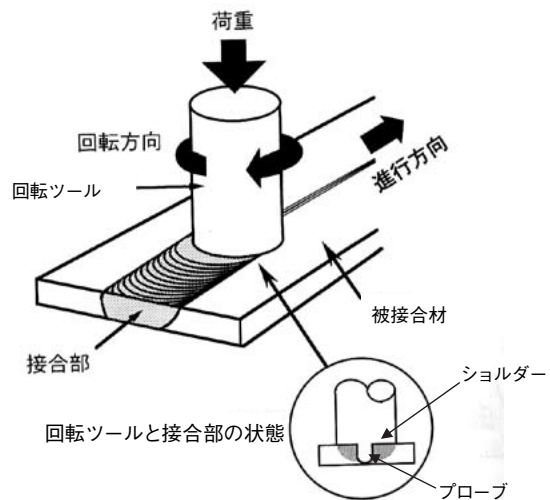
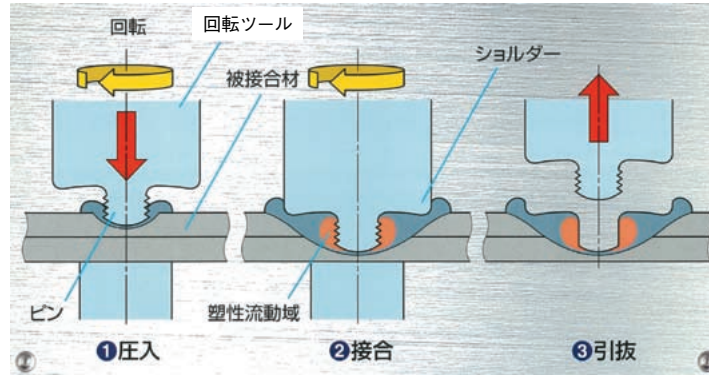
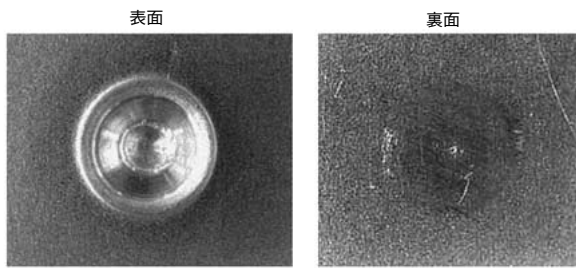


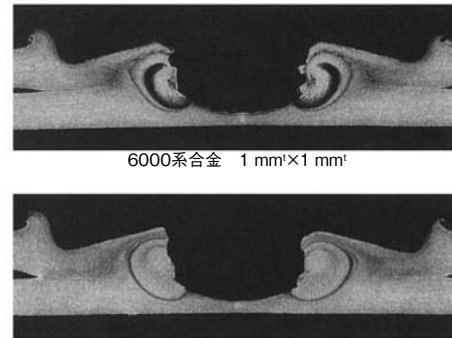
図4 摩擦攪拌接合 (FSW) の原理
 Fig.4 Principle of friction stir welding (FSW).



a) 接合の原理



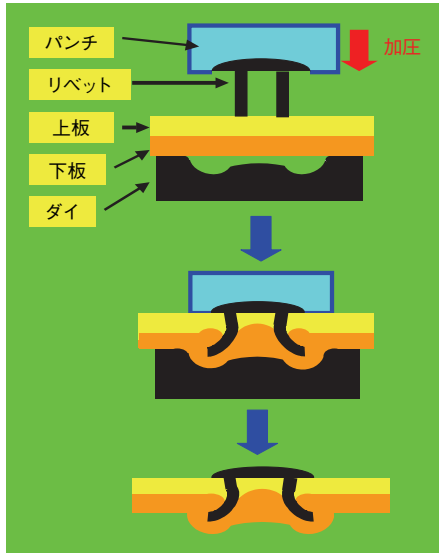
b) 外観



c) 断面組織

図5 摩擦攪拌点接合

Fig.5 Jointed portion by friction stir spot welding.

図6 セルフピアシングリベット接合の原理
Fig.6 Principle of self-piercing rivet joining.

3.5 レーザ溶接

3.5.1 従来のレーザー溶接

レーザー溶接はアーク溶接と同様に非接触の溶融接合である。図1に示したように高エネルギー密度を有しているため非常に深い溶込みを得ることが可能であり、アー

ク溶接に比べ約2倍以上の高速溶接が可能で、熱影響部、熱変形が少ないなどの利点がある。一方、溶融部分が小さいため寸法精度の管理が重要、設備費、メンテナンス費がやや高額などが問題点として挙げられている。

従来のレーザー溶接は炭酸ガスレーザーとYAG (yttrium aluminum garnet) レーザがある。1990年の後半に4 kwクラスのYAGレーザーが実用化となつてからAudi A2を始め欧州を中心にアルミニウムの自動車車体への適用がなされた。

3.5.2 新しいレーザー溶接¹²⁾

近年、固体媒体であるファイバレーザーやディスクレーザー、半導体を媒体とする半導体レーザーなどが開発および実用化され始めてきている。

ファイバレーザーは光ファイバを媒体としているレーザーである。ビーム品質や効率が良い、装置がコンパクトであるなどの利点と、近年20 kwや40 kwなどの高出力の装置が開発され注目されている。

ディスクレーザーはYAGロッドを薄いディスク(径8 mm × 厚さ0.2 mm程度)状に加工した媒体を用いる方法であり、高出力化レーザーとして注目されている。

半導体レーザーは半導体素子(主にGaAlAs)に電流を流すことによりレーザーを励起させている。レーザーポインタ、バーコードリーダなどの光関連分野で幅広く用いられて

いるが、単体の半導体素子では出力が小さいため、効率的に多数積層配列することにより高出力化を図っている。

3.5.3 ハイブリッドレーザ

ハイブリッドレーザはレーザ溶接とアーク溶接を複合させた溶接工法であり、ハイブリッド溶接とも呼ばれる。その一例としてYAGレーザとミグ溶接のハイブリッド工法を図7に示す。

従来のレーザ溶接の利点であった高速溶接と深溶け込みに、アーク溶接の利点である接合部の寸法精度、隙間・ギャップに対する管理許容度の拡大が加わったことにより溶接部およびその近傍に発生する凝固割れの防止や、良好な溶接部の外観が得られるなどの利点が得られている。複合型であるがゆえに従来のレーザおよびミグ溶接機に比べ装置が複雑になる、2つの溶接機を同時に制御するための管理が必要で、設備費およびメンテナンス費が高額となるなどの課題がある。

レーザ溶接機およびその発振機に関する装置の開発速度は、近年、目を見張るものがある。高出力化やビームの高品質化に加え、ハイブリッドレーザ化を含め今後もさらなる開発が進められことが予想され、注目すべき接

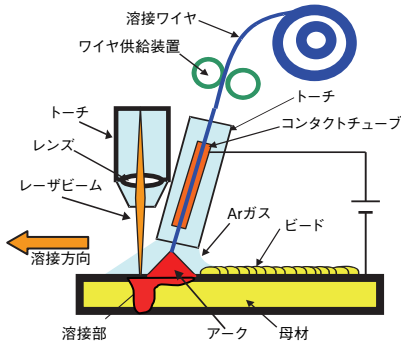


図7 ハイブリッド溶接の一例(ミグ溶接+YAGレーザ溶接)
Fig.7 Principle of hybrid welding (MIG welding plus YAG laser welding).

合方法である。

4. 自動車へのアルミニウム接合技術の適用

4.1 オールアルミニウム車体への適用事例

これまで述べた各種接合方法を用いて最軽量化を図ったオールアルミニウム車体の例を表4¹³⁾に示す。オールアルミニウム車体は主に板材を多く用いた従来の鋼板の製造方法であるモノコック構造(図8a¹⁴⁾)と、アルミニウムの特徴である押出型材を骨格部材に用いたスペースフレーム構造(図8b¹⁵⁾)の2種類がある。

これらの車体において、アーク溶接は主にサスペンション、サブフレームなどの足回り部品や骨格部材などに、スポット溶接、セルフピアシングリベット (SPR)、クリンチ、レーザ溶接および接着接合は主にフードやドアなどのパネル製品にそれぞれ適用されている。



a) モノコック構造 (NSX/ホンダ)



b) スペースフレーム構造 (A8/Audi)

図8 オールアルミニウム車体の外観
Fig.8 Appearance of all-aluminum car body.

表4 代表的なオールアルミニウム車体採用事例
Table 4 Representative all-aluminum car bodies.

構造	車名/メーカー	アルミニウムの構成材の比率(%)			接合方法					
		板材	押出材	鋳物	アーク	スポット	SPR	クリンチ	レーザ	接着剤
モノコック	NSX/ホンダ 1990~	88	12	0	○	○				
	XJ/Jaguar 2003~	85	10	5			○			○
スペースフレーム	A8/Audi 1994~	55	23	22	○	○	○	○		
	インサイト/ホンダ 1999~	57	18	25	○	○				
	A2/Audi 1999~	57	30	13	○		○		○	
	360Modena/Ferrari 1999~	18	48	38	○	○	○			
	New A8/Audi 2002~	67	21	12	○		○		○	

その他
R8, S8, TTなど/Audi
Audiは自社スペースフレームを採用
612Scaglietti, F430など/Ferrari
Ferrariはアルコアスペースフレームを多数採用

SPR: リベット(セルフピアシングリベット)

特にスペースフレーム構造は構成部材に押出材、鋳物材を適材適所に取り入れ、部品点数の低減を図り、接合方法もスポット溶接を低減させて熱影響の少ないレーザー溶接、セルフピアシングリベットなどを採用していることも特徴である。

4.2 自動車構成材料の組合せと接合方法

オールアルミニウム車体の接合方法適用例を見ても、使用するアルミニウム構成材料の種類・形態に応じて複数の接合方法を採用していることが分かり、各社最適な工法や生産形態を模索している状況であると思われる。表5に自動車のアルミニウム構成材料の組合せ(適用部位)と採用されている接合方法を整理してまとめたが、やはり適用部位を構成する素材に応じた接合方法が採用されている。

今後は部品点数の削減やモジュール化などが進み、ダイカストを含む鋳物材の適用の増加、およびそれらを組合せた接合品も増加すると思われる。また、現状とは異なる適用部位の出現もあり得るため、接合方法も適宜検討する必要がある。

4.3 テーラードブランク技術

今後、さらにアルミニウムを自動車へ適用するためにはテーラードブランク技術を応用する必要がある。この技術は部品点数の削減、それによる金型コストの低減、材料歩留まりの向上などの利点から、鉄鋼材料では既にドアなどに用いられている工法である。

一般的に鉄鋼材料の場合、板厚や強度の異なる銅板を

表5 アルミニウム構成材料の組合せ(適用部位)と採用接合方法
Table 5 Combination of aluminum materials to suit the portion of application, and joining methods employed.

	鍛造材	鋳物材	押出材	板材
板材	ホイール	フレーム類, ホイール, 足回り品	フレーム類	パネル類
	アーク溶接	アーク溶接, レーザー溶接	アーク溶接, レーザー溶接	アーク溶接, スポット溶接, 接着接合, 摩擦攪拌接合, リベット接合, レーザー溶接
押出材	フレーム類	フレーム類, 足回り品	フレーム類, バンパー	
	アーク溶接	アーク溶接, 摩擦攪拌接合, リベット接合, レーザー溶接	アーク溶接, スポット溶接, 摩擦攪拌接合, レーザー溶接	
鋳物材	フレーム類, 足回り品	フレーム類		
	アーク溶接, 摩擦攪拌接合, レーザー溶接	アーク溶接, 摩擦攪拌接合, レーザー溶接		
鍛造材	—			

上段：適用部位
下段：接合方法

レーザー溶接やプラズマ溶接にて1枚の素材とした後に、プレス成形を行い、所定の形状や部材を得る。アルミニウムの場合は素材の強度に大きな差がないため部分的に厚板化することで断面積を増加させ強度に差をつける差厚継手をテーラードブランクと呼んでいる。

したがって、接合方法として求められる特性はプレス成形に影響を少なくするため、継手部の形状はなだらかで局部変形や破断が発生しないためにも熱影響部が極力少ないことが必要である。

米国での官民共同の次世代自動車プロジェクトとして取り組みが行われたPNGV車(Partnership for new generation vehicle)で提案された一例を図9¹⁶⁾に示す。板厚の異なる3枚の板を接合してドアを作製している。ここでは摩擦攪拌接合とレーザー溶接が有力候補として検討されている。いずれも熱影響部小さい接合方法である。なお、一部の車種にてアルミニウムのドアも採用されているが、これは分割成形後に接合を行っており、若干ニュアンスが異なる。

5. おわりに

以上、自動車の車体に適用される接合技術の概要を説明した。板材、押出材、鋳鍛材など様々な形状を有するアルミニウム材料の持つ特性を適材適所に活かし、かつ、最適な接合方法を選定し、軽量化とコストをバランスさせることが重要となる。

今後はアルミニウムの他に高強度の鉄鋼材料(ハイテン)やマグネシウム、樹脂などの複数の材料を用いた車体も考えられるため、異種材料の組合せが可能な接合方法の開発が必要である。その一方で容易に分解や解体が可能であることも求められるため、次世代の接合技術の

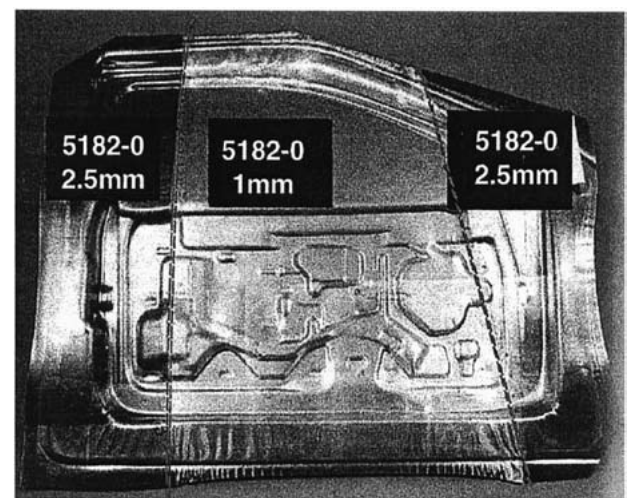


図9 アルミテーラードブランク接合材
Fig.9 An example of aluminum tailored blank joining.

研究開発が必要であると思われる。

今後、さらなる接合技術の開発や材料開発およびそれらの組合せにより、ここに挙げた方法あるいは適用部位以外の部位の出現の可能性もある。いずれの場合においても我々材料供給メーカーとお客様との間にて綿密な話し合いを持ち、アルミニウム材と溶接法が適材適所に活用されることが望まれる。

参考文献

- 1) 2007.7発行 経済産業省資料
- 2) アルミニウムハンドブック第7版: 社団法人 日本アルミニウム協会, (2007), 32.
- 3) 水野政夫, 藁田和之, 坂口章: 現代溶接技術大系第13巻 アルミニウムとその合金の溶接, 産報出版株式会社, (1980), 10, 35, 60.
- 4) 荒田吉明, 西口公之: 現代溶接技術大系第2巻 溶接法の基礎, 産報出版株式会社, (1980), 16, 17.
- 5) 深溶込みレーザー溶接の実用化に新しい道: 独立法人物質・材料研究機構, (2001).
- 6) C.J.Dawes: Welding & Metal Fabrication, No1 (1995),13.
- 7) 軽金属溶接 **45** (2006), 29.
- 8) 軽金属溶接 **40** (2002), グラビア
- 9) 古賀信次: 軽金属溶接 **42** (2004), 4.
- 10) 川崎重工株式会社 フリクションスポット接合システムカタログより
- 11) 松村吉修ら: 自動車技術会2006年春季大会前刷集No18-06, 5
- 12) 荒谷 雄: 2006国際ウエルディングショーにみるキーワード 高出力ファイバーレーザーとその加工特性 (2006.8).
- 13) 自動車軽量化のための生産技術: (社)軽金属学会 (2003), 114.
- 14) 本田技研工業(株) 提供
- 15) Audi 社 ホームページより
- 16) Light Metal Age, Oct.1998.



岡田 俊哉 (Toshiya Okada)
技術研究所