

アルミニウム合金材料の接合技術

2017.7.4
(株)神戸製鋼所
アルミ・銅事業部門
技術部 接合技術研究室

1

車体への広範囲なアルミ適用事例

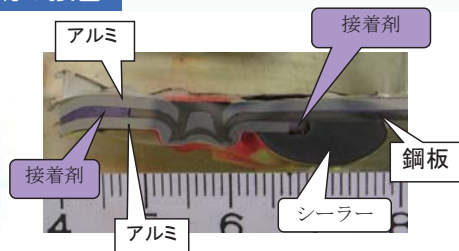
BMW 5シリーズ (E6) 2003

アルミと鋼のハイブリッド車体構造

アルミ製フロントエンド



SPR+接着によるアルミと鋼の接合



MIG溶接(m)	3.1
レーザ溶接(m)	1.7
抵抗スポット溶接(点)	140
SPR(点)	598
スタッド(点)	48
接着(m)	15.8(6.7: アルミと鋼の接合部)

出典: European Aluminium Association “THE Aluminium Automotive MANUAL”

2

SPR (Self Piercing Rivet)

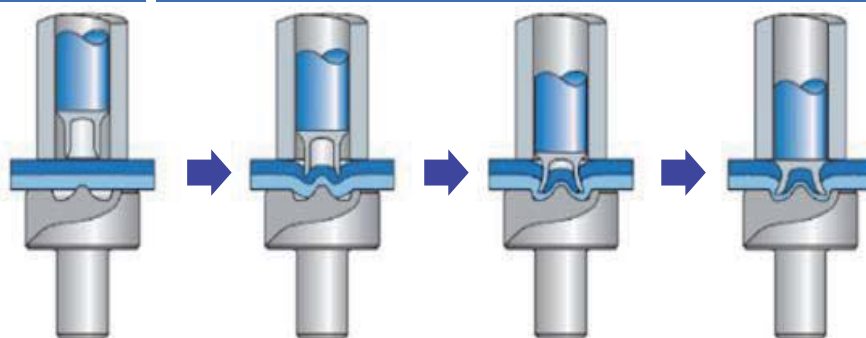


6000系板材
板厚：1mm

下穴不要

リベットが上板を貫き、下板を成形し締結

両面施工法
(挟み込み)

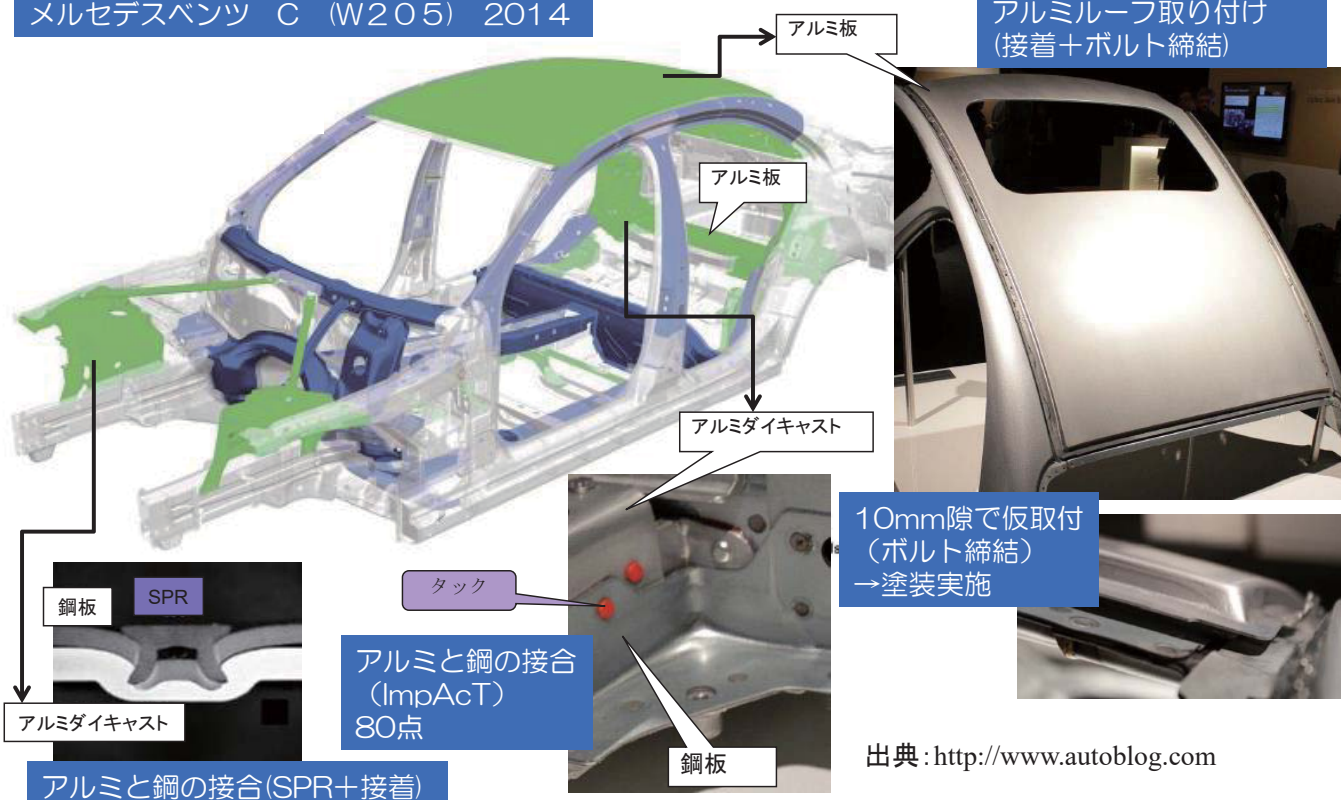


出典：ベルホフ社セルフピアスリベットカタログ

3

車体への広範囲なアルミ適用事例

メルセデスベンツ C (W205) 2014



出典：<http://www.autoblog.com>

4

タック

FDS (Flow Drilling Screw)

ImpAcT (Impulse Accelerated Tacking)

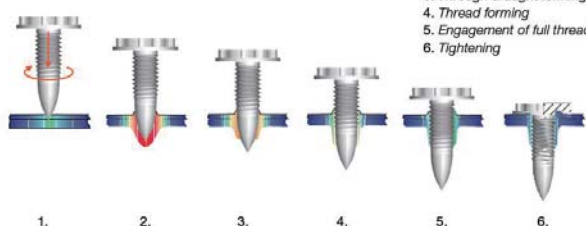


錨止め

下穴不要

片面施工法
(ワンサイド)

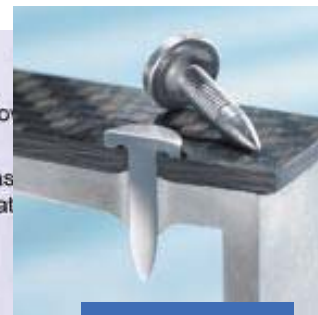
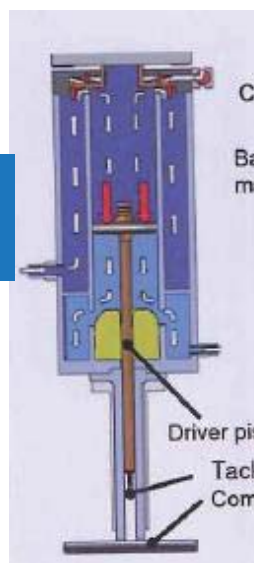
ねじ込み



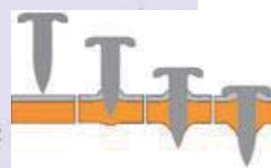
Process steps of the FDS® assembly
1. Heating
2. Penetrating
3. Through draught forming
4. Thread forming
5. Engagement of full threads
6. Tightening

出典: EJOT社カタログ

背面に切先が突出



打ち込み

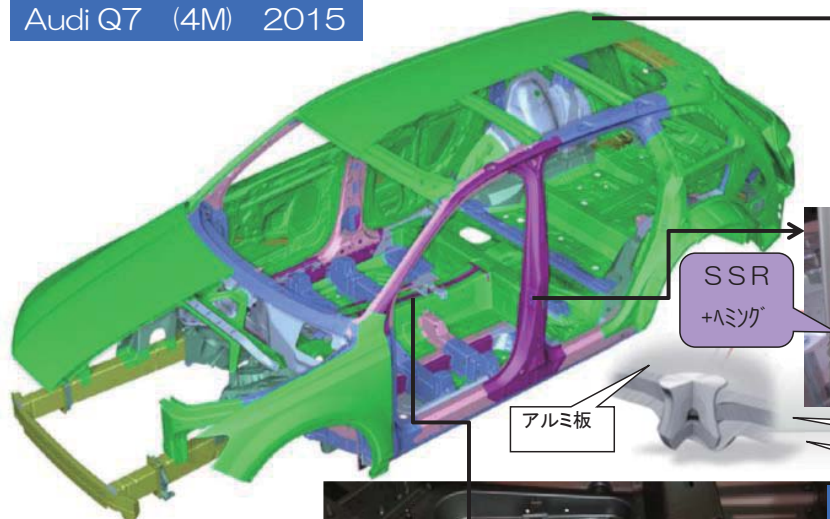


出展: Welding and Cutting
11(2012)No.4 p229

5

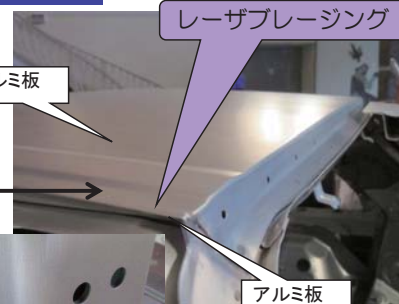
車体への広範囲なアルミ適用事例

Audi Q7 (4M) 2015



アルミ板

レーザブレイジング



アルミ板

SSR
+ハミング

アルミ板

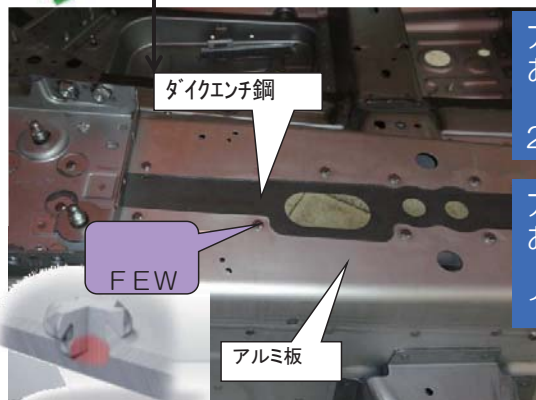
ダイクエンチ鋼

ハイトン鋼

アルミとダイクエンチ鋼
およびハイトン鋼の接合
(Special Semitubular Riveting)
277点

アルミとダイクエンチ鋼
およびハイトン鋼の接合
(Friction Element Welding)
105点

出典: 2015 Euro-Car-Body



ダイクエンチ鋼

FEW

アルミ板

6

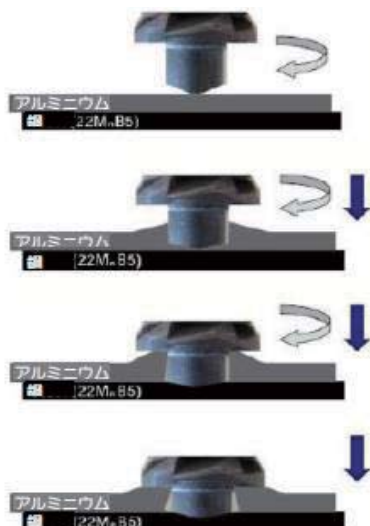
圧着エレメント



鋼材へのアルミ材 を付与する技術

出典：EJOT社カタログ

EJOWELD® 摩擦接合

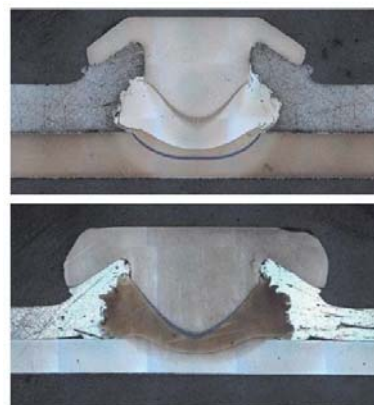


摩擦エレメント

回轉自己穿孔

アルミ材を リベッティング

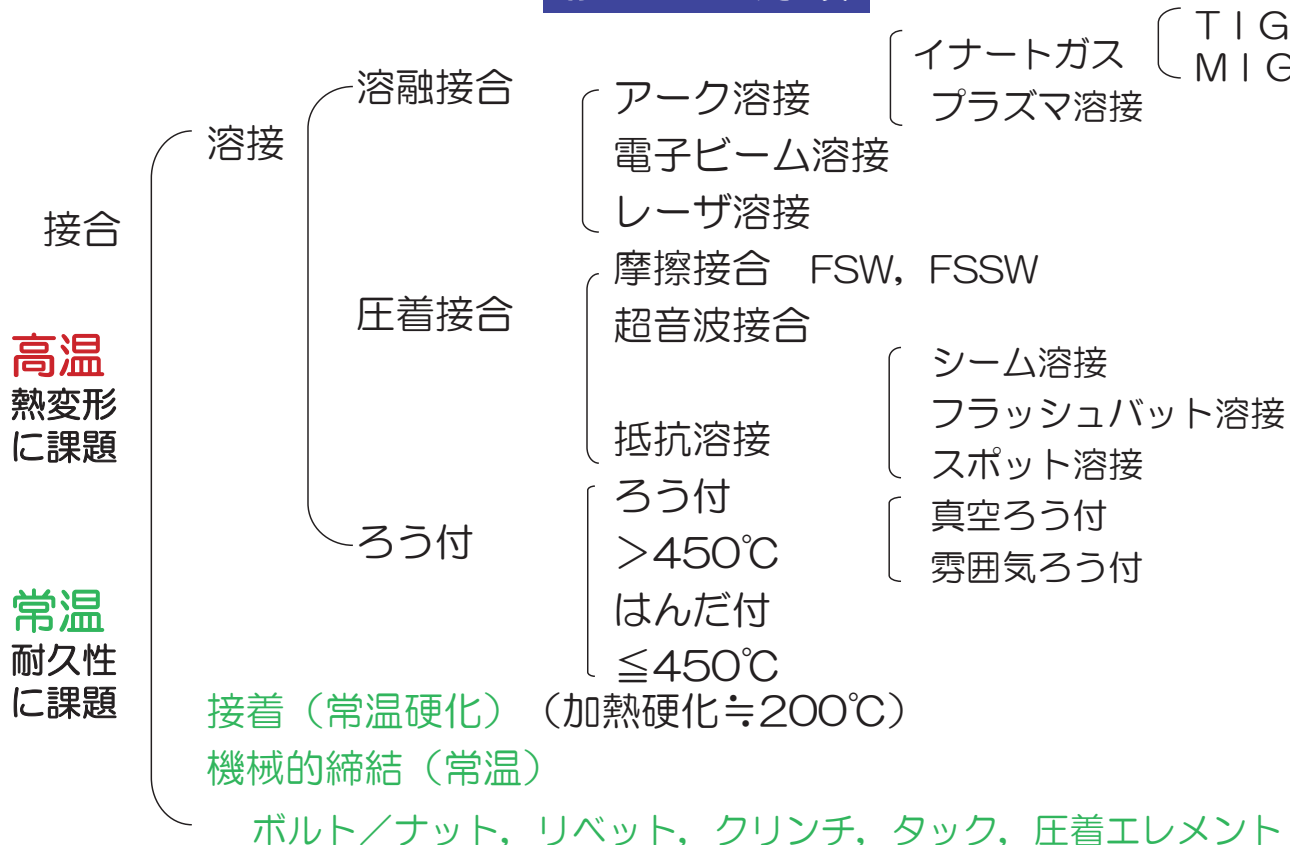
鋼材を摩擦接合



摩擦エレメント接合によるアルミニウム／鋼継手

出典: LWF Paderborn

接合法の分類



アルミ材溶接の特徴（鋼材との対比）

物性	アルミ材	鋼材比	溶接への影響
密度(Mg/m ³)	2.7	1/3	
融点(°C)	660	1/2	溶け落ちやすい
潜熱(kJ/mol)	10.3	1.4倍	溶融に大きなエネルギーが必要
比熱(J/kg・°C)	917	1.6倍	
熱伝導度(W/m・°C)	225	4倍	熱が逃げやすい
縦弾性係数(kN/mm ²)	68.6	1/3	変形しやすい
線膨張係数(10 ⁻⁶ /°C)	23.5	2倍	
比抵抗(nΩ・m)	30	1/4	抵抗発熱しにくい
導電率(IACS%)	60	4倍	
酸化膜 [融点(°C)]	Al ₂ O ₃ [2020]	Fe ₂ O ₃ [1360]	通電性を阻害する 溶融せず残留する
凝固収縮(体積%)	6.6	1.5倍	溶接金属部が 割れやすい

9

異種材接合にも活用可能な接合法

	方式	形態		
		点	線	面
非溶融	機械的	●ボルト/ナット ●リベット ●クリンチ ●タック		●接着
	化学的			
	固相間			●摩擦圧接
	固相-半液相間	●FSSW	●FSW	
溶融	固相-液相間			●ろう付

10

熱を与えない接合

機械的締結 接着

機械的締結

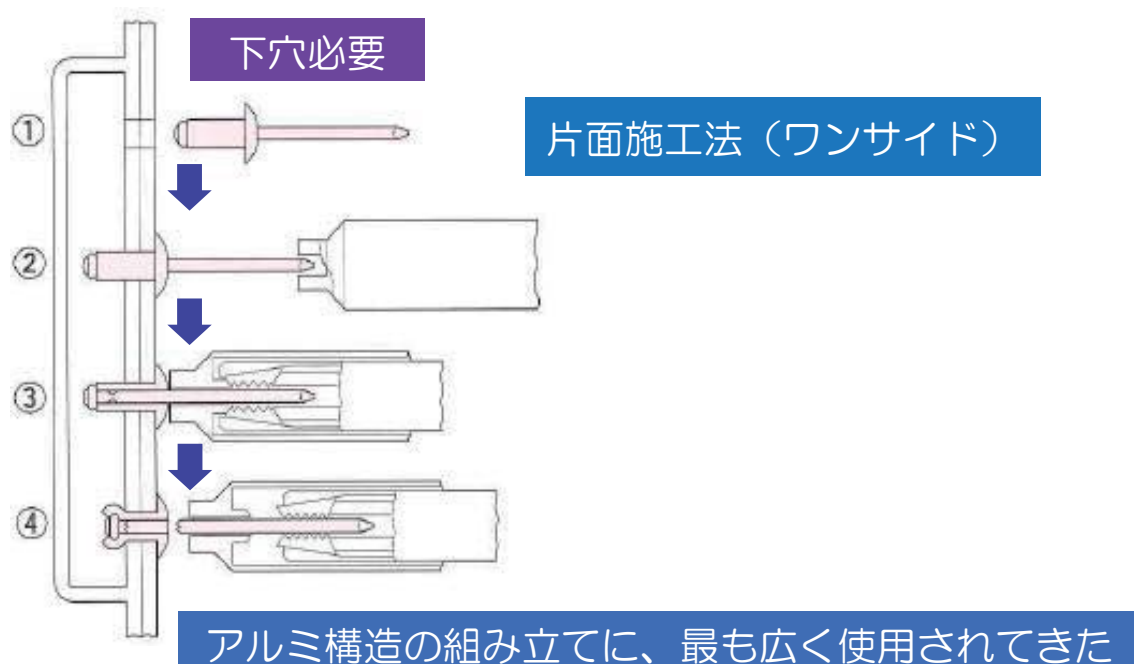
熱を材料に加えないことから、材料の特性を引き出しやすく、構造設計的に有利である。付加機能と作業効率の向上を狙い、様々なものが提案されている。今後の車体組み立てでは異種材を複合化することも多いことから、有効な工法となる。

接着

機械的締結との併用において、面接合による剛性向上や信頼性確保のために欠かせない工法となっている。今後、アルミ材と樹脂材との接合には主要な接合方法となる。

11

ブラインドリベット



出典：ポップリベット・ファスナー(株)カタログ

12

SPR (Self Piercing Rivet)

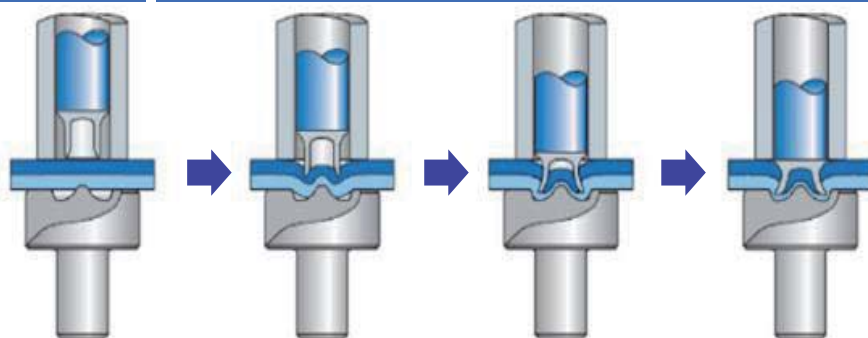


6000系板材
板厚：1mm

下穴不要

リベットが上板を貫き、下板を成形し締結

両面施工法
(挟み込み)

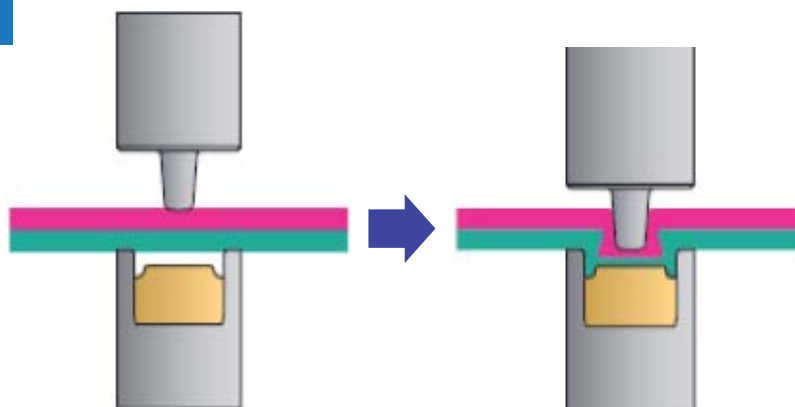


出典：ベルホフ社セルフピアスリベットカタログ

13

メカニカルクリンチ (MCL)

両面施工法
(挟み込み)



下穴不要

リベット不要

引き剥がし方向の力に弱い

出典：TOX PRESSOTECHNIK社カタログ

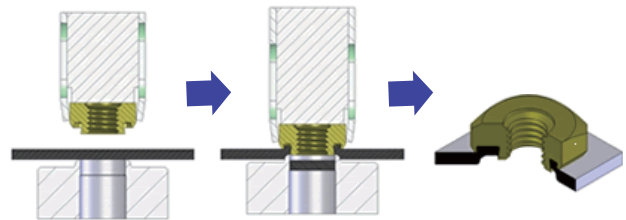
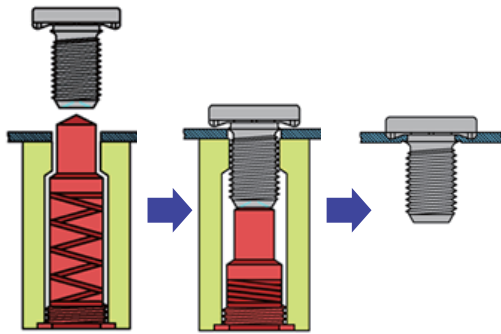
14

「クリンチ」活用工法

クリンチボルト



ピアスナット



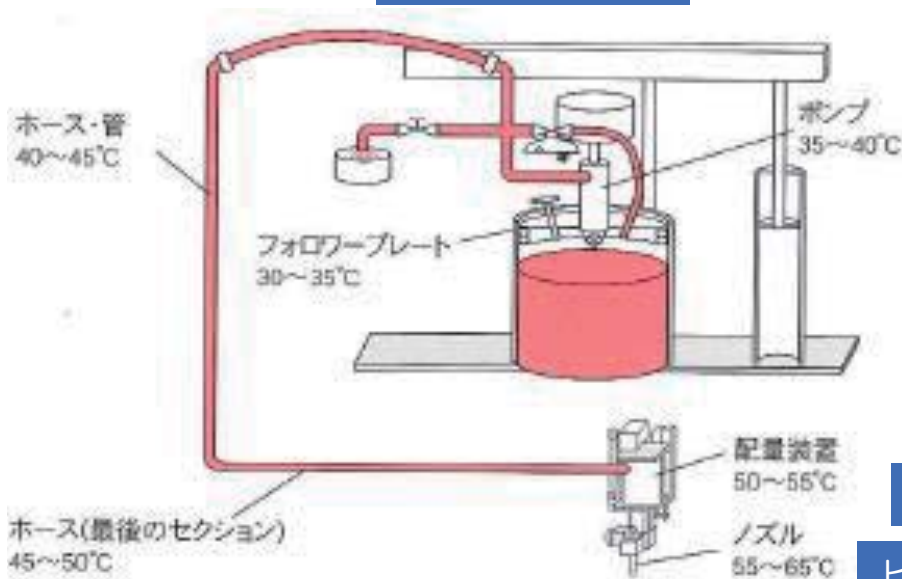
ボルトやナットをアルミ材に締結しておく

出典: 新城製作所のカタログ

15

接着

接着剤塗布装置



片側の材料に塗布

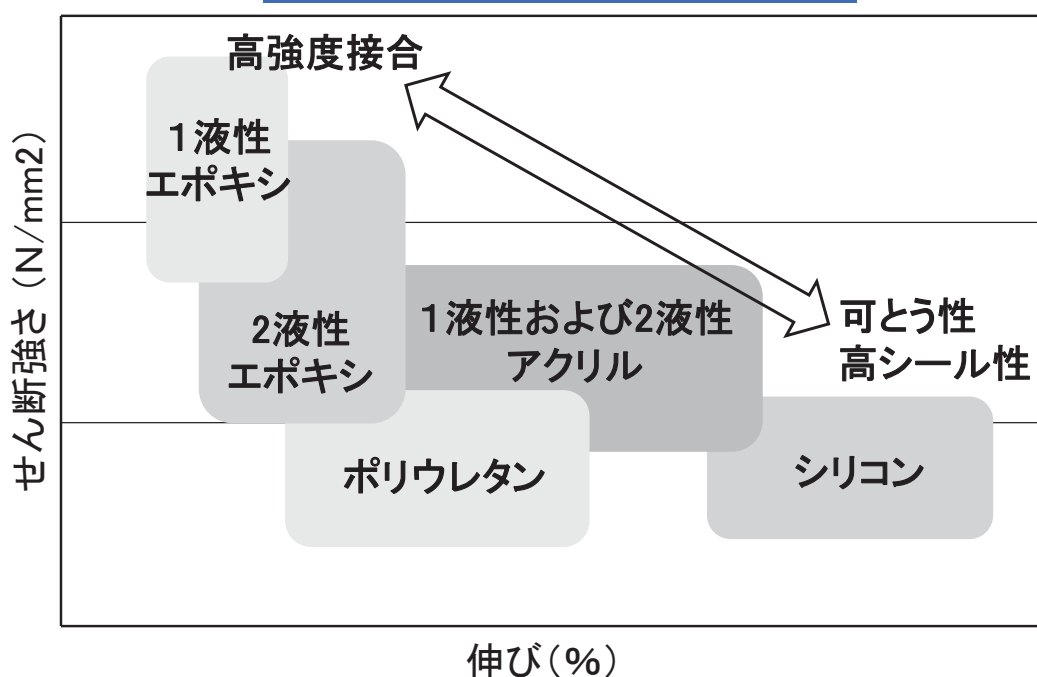
ビード塗布: 12m/min

出展: Dow Automotive社“自動車における構造接着”

16

接着

接着剤の種類と接合性能の関係



接合強度と弾性、品質安定性など用途に応じた、接着剤の使い分けが重要（硬化温度も制約となる）

17

入熱を抑えた接合

FSWおよびFSSW

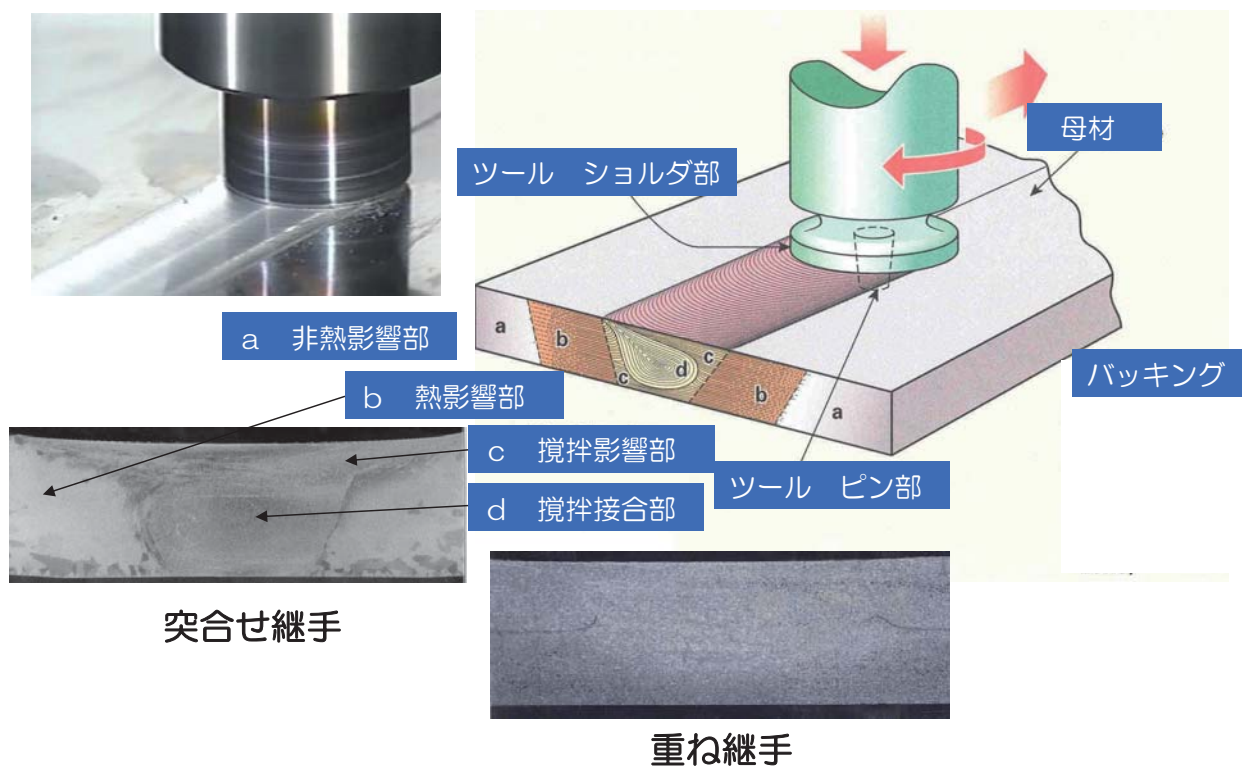
FSWはアルミ材の接合に適していることから鉄道車両はじめ多くの分野で適用が拡大している。今後は一般への普及が期待される。

RSW

RSWはFSW同様に接合用支材が不要で、溶融による一体化と平滑な継手が見られることから、これまでアルミ材において課題とされてきた品質安定化で改善が期待される。

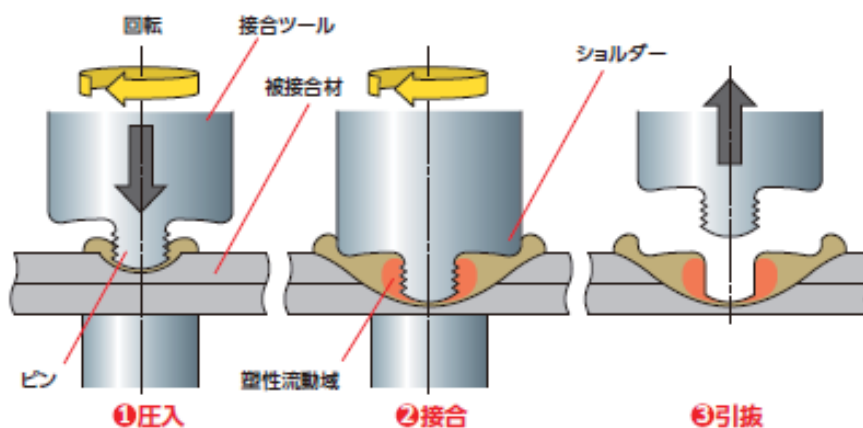
18

FSW (Friction Stir Welding)



19

FSSW (Friction Stir Spot Welding)

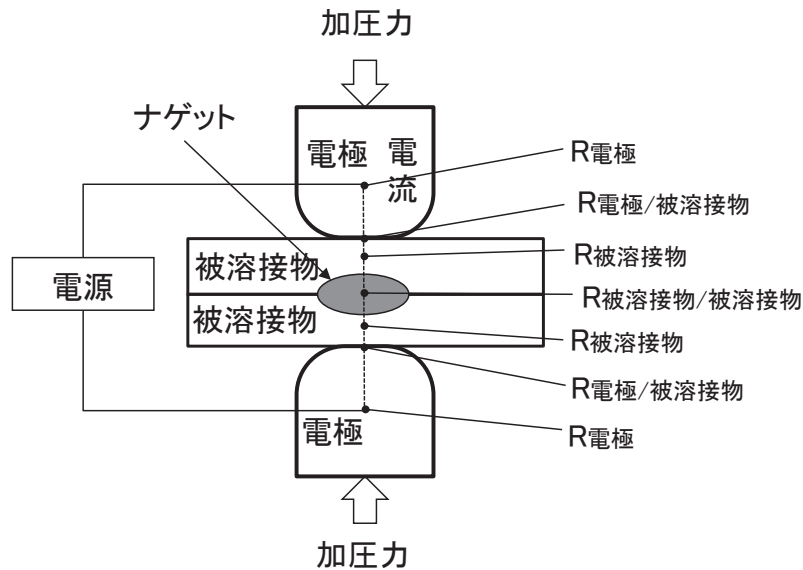


出典：川崎重工業(株)フリクションスポット接合カタログ

20

抵抗スポット溶接

アルミ材の抵抗溶接→ $R_{\text{被溶接物}}$ が小→鋼材の2～3倍大電流が必要



$R_{\text{電極/被溶接物}}$ および $R_{\text{被溶接物/被溶接物}}$ 変化が溶接品質に影響を及ぼす

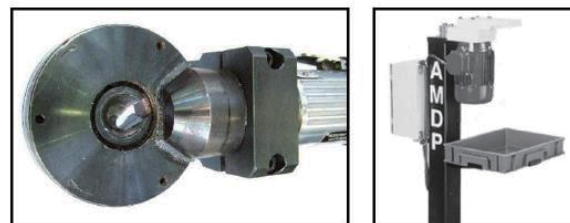
- 表面形状と性状
- 酸化皮膜の有無と脱膜処理
- 潤滑油剤や接着剤

21

抵抗スポット溶接

$R_{\text{電極/被溶接物}}$ の安定化対策

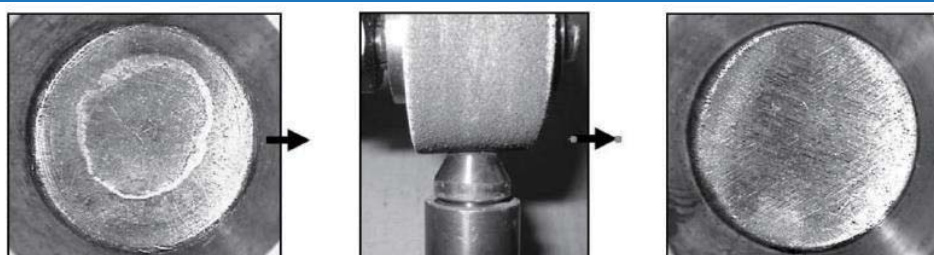
電極形状整形（ドレッシング：切削）



手持式ドレッサー（左）と削り屑トレイ付のスタンド設置タイプのロボットドレッサー（右）

（出典：ワーウィック大学）

電極表面磨き（バフイング：研磨）→アルミ材に有効



短時間のバフイングにより電極に溶着（ピックアップ）したアルミ材を除去

（出典：ワーウィック大学）

22

異種材接合にも活用可能な接合法

	方式	形態		
		点	線	面
非溶融	機械的	●ボルト/ナット ↓機能付加 フローティングスタッド ●リベット ●クリンチ ●タック ●ピアスメタル	●電磁かしめ	●接着 ●樹脂射出
	化学的			
	固相間			●摩擦圧接
	固相-半液相間	●FSSW ●超音波接合	●FSW	
溶融	固相-液相間		●ブレード溶接	●ろう付

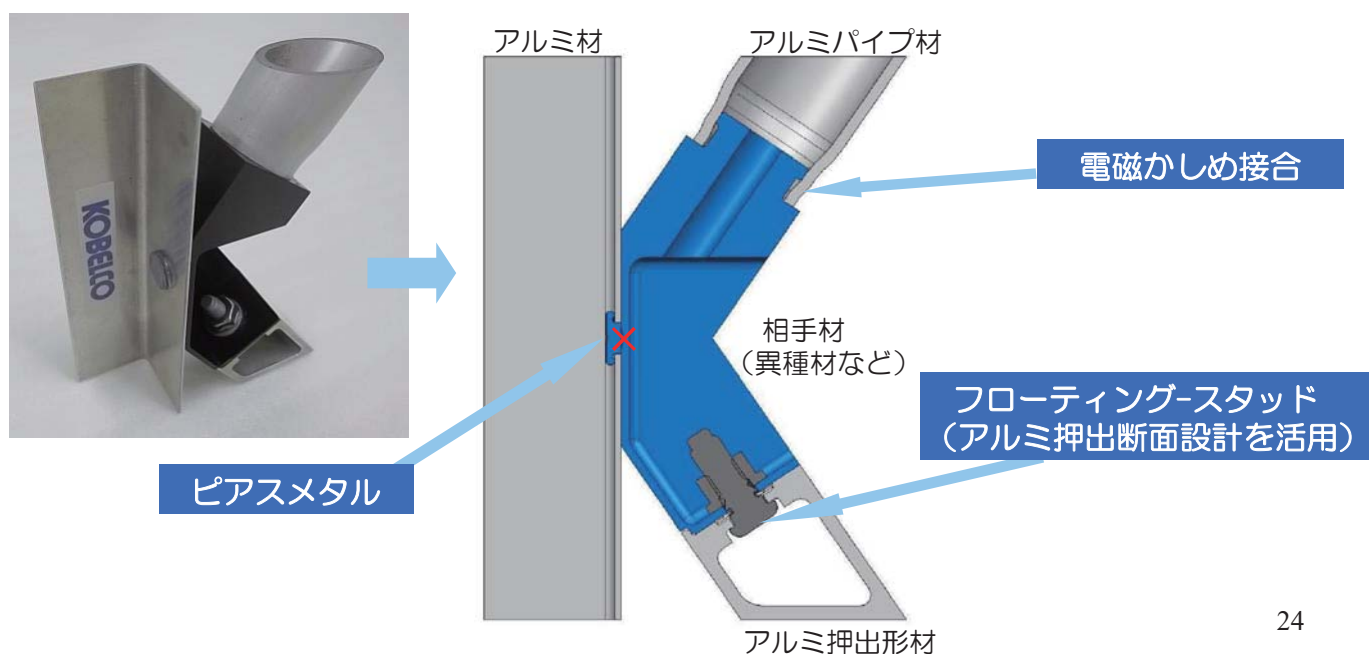
※赤表示: 弊社オリジナル開発工法

23

アルミ材のメカニカル接合法

アルミ材と異種材の接合が可能

- パイプ材の効率的な組み立て「電磁かしめ接合」
- 異種材部分置換「ピアスメタル」
- 押出形状利用「フローティングスタッド」



24