

# 部材の接合



並形自動連結器と密着連結器

光和商事(株) 荒木 巍

H20.6.6

# 各種の接合法

**溶接・接合**：材料加工から部品・構造物の組立までのモノづくりを支える基盤的技術として位置づけられ、より高速で強固な接合、プロセスの簡素化実現のための幅広い分野で適用され、進歩が続いている

表29-1 接合法の種類

接合の種類	例	利 点	欠 点
機械的接合	ボルト、リベット	容易に組立、解体 高信頼性 破断の進行を接合部で停止	部品点数増加、加工工数大 重ね接手となり重量アップ
冶金的接合	溶接、ろう付け	接手の形状が簡単で自由度大 短時間で固定可能 高接手効率、気密性・水密性あり、重量低減、組立工数削減	歪・残留応力、寸法制度維持困難 溶接特有の欠陥(例、ブローホール) 解体困難、破断の進展 機械的性質、形不連続性
化学的接合	接着	材料の適合範囲大、異材接合 素材の性質・形状保持 気密性・水密性、外観品質良好	固定に時間がかかる 接手の耐熱性に限界 信頼性・耐用年数のデータ不足
複合の接合	ボルトの弛止溶接	機械的接合同等の強度	
	ウェルドボンド	気密性と短時間で固定	

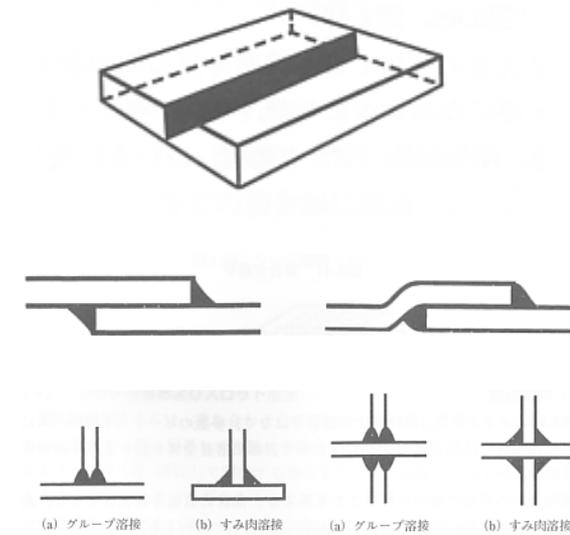


図29-1 平板で接合する母材同士の配置(上から、突合せ、重ね、T字/十字)

接合法選定時に配慮すべき事項:

- 接合部の強度――継手効率、気密性、水密性
- 接合の機能低下――ゆるみ、接合部の劣化、変形
- 接合部の解体性――片側母材交換の可能性、分解リサイクル性

## 検査・信頼性

部材の接合には母材と同等の  
接合強度・耐久性が求められる

**溶接の品質管理**:特に建築物・船舶などの大規模構造物の溶接欠陥は、そのまま構造面での致命的脆弱性となりうる。実際に船舶の沈没・橋梁の崩落・原子力発電所の配管破損などで、原因として溶接不良が指摘されたケースも多く、シビアな品質管理が要求されている。

**接着の信頼性**:たとえば輸送機器分野、特に自動車産業で使用されている接着剤には、高接着強度・高耐熱性だけでなく、環境条件が変わっても性能を保持できる高信頼性が求められる。さらには環境に負荷をかけない難燃化が求められるとともに、個々の性能の向上だけでなく、それらのバランスの良さが重要視される。

**検査技術**:溶接欠陥には、目視で確認できないケースが多い。表面に現れないひび割れなどは何らかの方法で内部構造を探らなければ発見できない。以下、実用化されている溶接欠陥検査技術(かならずしも溶接部とは限らない)。

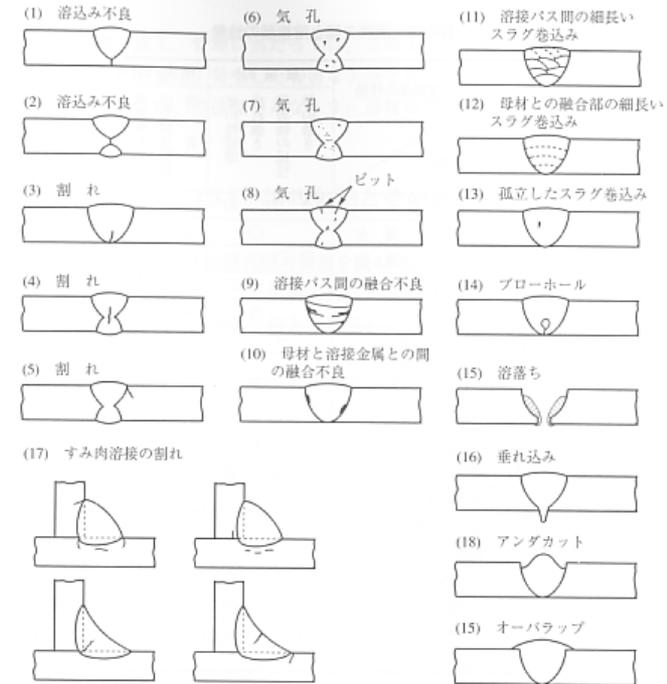


表29-2 溶接部検査

図29-2 代表的な溶接欠陥

超音波検査	超音波が金属内部や表面において伝播・反射する様子から探傷を行う。内部・表面両方に有効な非破壊検査
放射線検査	X線・ガンマ線などの透過を利用して内部の欠陥を探る非破壊検査
磁気検査	電磁石等で金属に磁気を与え、検体外に漏洩する磁束を測定して探傷する非破壊検査
電磁誘導検査	表面に交流磁場を与え、検体にて生じた渦電流を測定することで探傷するという非破壊検査
浸透探傷検査	目視で確認が難しい微細な傷に、色のついた浸透材をしみこませて検査する。表面のみに有効な非破壊検査
磁粉探傷検査	強磁性体の検体表面に磁粉を均一に散布し、現れた磁粉模様から表面付近の探傷を行う非破壊検査
外観検査	人間の目視による検査。表面に出た欠陥しか発見できず、また微細な傷は見逃すことがあるが、所定の寸法を満たしているか否かを測定するなど基本的なチェックは人の目で行う
シャルピー衝撃試験	金属に切り欠きを作り、ハンマーを振り落として靱性を調べる試験方法。溶接部分の靱性検査にも適用

# 金属の機械的結合

**ねじ**: 互換性があり、メートル単位系の「メートルねじ」と、インチ単位系の「インチねじ(ユニファイねじ等)」がある。標準的なピッチの「並目」と、それより細かい「細目」とがある。気密性が必要な管の接続は「管用ねじ」で、おねじはテーパ付、めねじはテーパ付または平行という組合せ。

**ボルト、ねじとナット**—押しボルト、スタッド  
**リベット**—1960年代頃までは造船、鉄鋼構造物に多用、溶接技術の進歩により、リベット工法は激減。

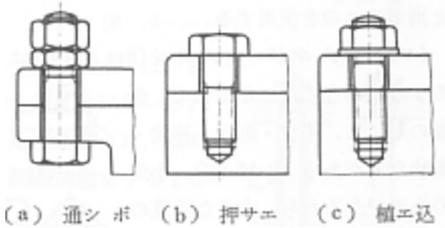


図29-3 各種ボルト

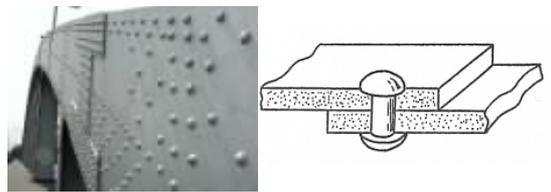


図29-3a リベット工法

## 結合の緩み止め

- ボルト**—止穴付ボルト
- ナット**—セルフロックナット、ダブルナット、ナイロンナット、菊ナットなど  
スーパースリットナット: ナット上部にスプリング機能を具備、締め込み時同部が弾性変形してスリット部近傍の相手ネジ山をスプリング力でグリップ

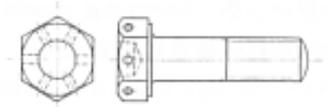


図29-3b 止穴付ボルト

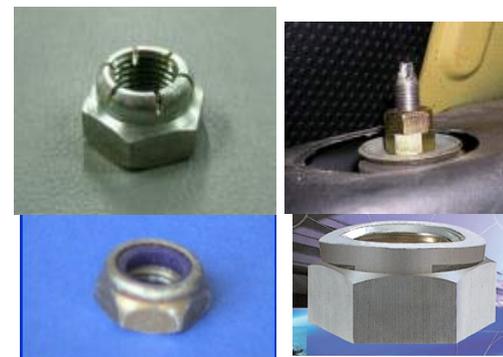


図29-4 セルフロックナット、ナイロンセルフロックナット、ダブルナット、スーパースリットナット

○**座金**—ばね座金、歯付き座金、山形座金、舌付き座金



図29-5 ばね座金、歯付き座金、山形座金、Cリング

○**からげ線、割りピン**

○**かしめ**—締め付けたナットの六角の一辺の母材部分をかしてゆるみ止めをする

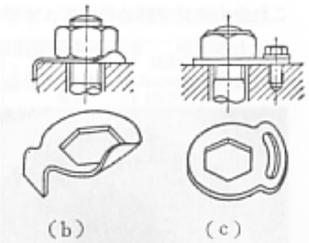


図29-6 舌つき座金

**タービンブレードのディスクへの組み付け**  
—クリスマスツリー形、ダブテール形など

図29-8 クリスマスツリー形ブレード固定

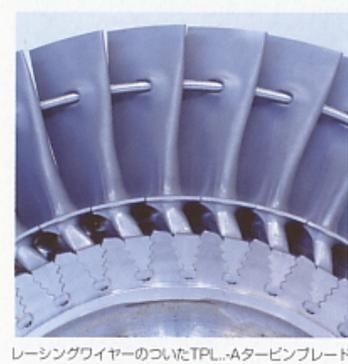


図29-7 割りピン

## 軸・パイプの結合

**回転動力軸のカップリング**: 接続する両軸の偏心、偏角、軸方向変位の精度が重要。また、駆動側の回転変動を吸収。工作機械、原動機などでは高速化、高トルク、高精度へのニーズが高い。

○**軸継手**—スプライン、セレーション、ユニバーサルジョイント (自動車用等)、各種フレキシブル継手

○**軸へのブッシュ・ボスの固定**—キー、コッター、焼き嵌め (ブッシュの穴を加熱膨張させ、あるいは軸を冷却収縮させて嵌め合わせて固定)



図29-9 スプライン継手

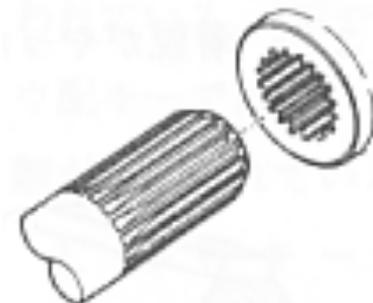


図29-9a セレーション継手

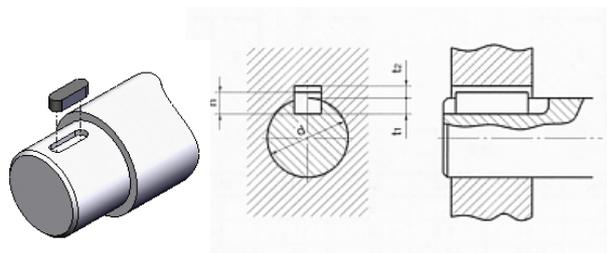


図29-11 キーによるボスの固定

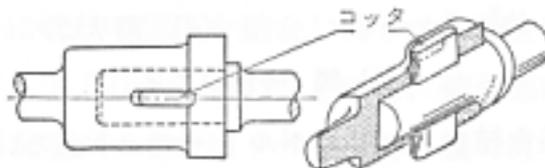


図29-12 コッター継手

○**パイプ継手**—ニップル (ねじ込み式)、フランジ継手

○**光ファイバーの接合**—ファイバー両端の心を精度よく合わせる事が重要



図29-12a ニップル

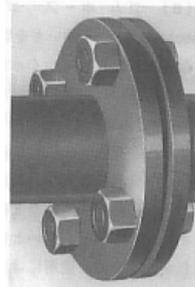


図29-13 フランジ継手



図29-9b 三木プーリ

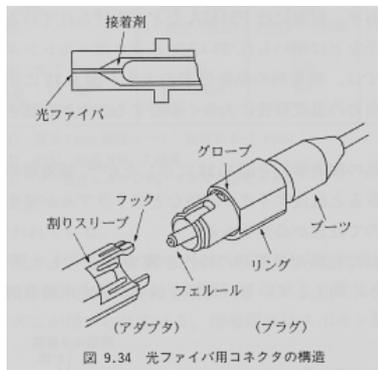


図 9.34 光ファイバ用コネクタの構造

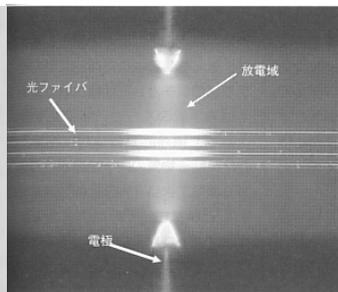


図3 多心一括接続の瞬間 (4心一括接続の場合)

図29-14 光ファイバーの接合

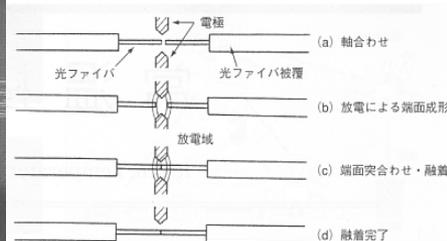


図2 融着接続工程の概要



図29-10 Geislinger継手 5

## 溶接－1

**溶接**: 2つ以上の金属部材をを溶かして結合。主な加熱方法は電気抵抗、アーク放電、レーザ、可燃性ガスの燃焼など。母材と母材の間に隙間には、その空間を補填するために溶加材(溶接棒)を使用。

○**ガス溶接**: 燃焼ガスで材料を溶かして接合する溶接。最も一般的には、アセチレンガスと酸素を使う。アーク溶接に比べて溶接速度が遅く、溶接部が見やすいので、溶接不良などの失敗が少ない。また薄板の溶接がしやすい。アセチレンガスの取り扱いが必要(要免許)。

○**アーク溶接**: 金属材料(母材)と溶接棒との間に電圧をかけアークを発生させる溶接法。鉄系材料の溶接に最もよく利用される。

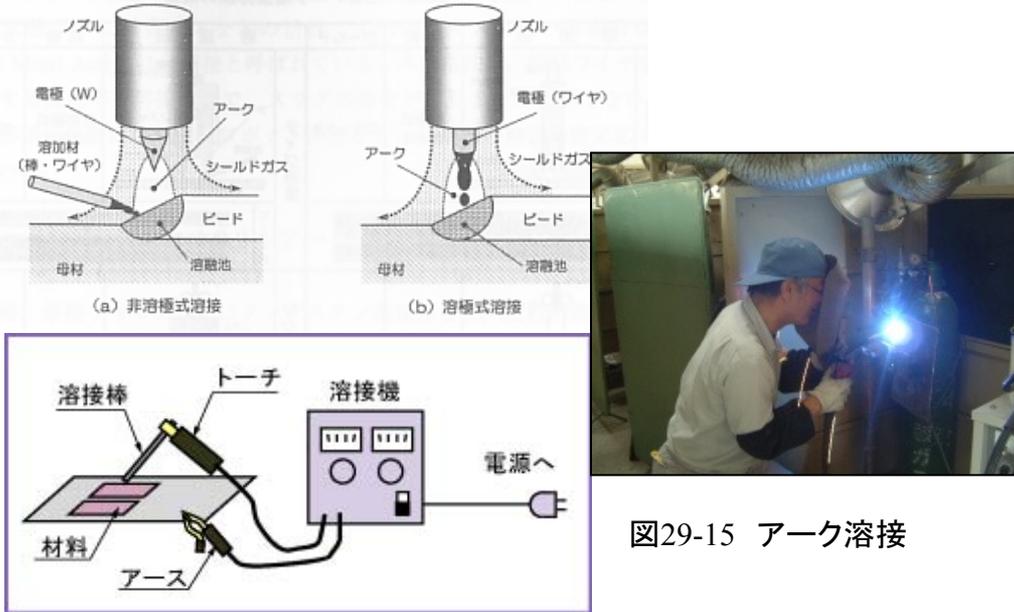


図29-15 アーク溶接

○**TIG溶接**(Tungsten Inert Gas): 非消耗のタングステンを電極として用いた溶接法。溶接部を不活性ガス(アルゴンやヘリウムなど)で空气中酸素から保護して、酸化を防止。ステンレス鋼やアルミ合金の溶接が可能。

○**電子ビーム溶接**: 電子ビームを溶接部に当てて加熱。入熱量が少なく、深い溶け込み精密な溶接に向く。異種金属の接合も可能。真空中でしか溶接できないので、コスト高。

表29-3 溶接の冶金学的な分類

融接	<ul style="list-style-type: none"> <li>●ガス溶接 — 酸素アセチレン溶接</li> <li>●アーク溶接(自動アーク溶接・半自動アーク溶接)</li> <li>●非消耗電極式 — ティグ溶接・プラズマ溶接</li> <li>●消耗電極式 — 被覆アーク溶接・サブマージアーク溶接・ミグ溶接・炭酸ガスアーク溶接・セルフシールドアーク溶接</li> <li>●エレクトロスラグ溶接</li> <li>●電子ビーム溶接</li> <li>●レーザービーム溶接</li> </ul>
圧接	<ul style="list-style-type: none"> <li>●抵抗溶接</li> <li>●重ね抵抗溶接 — スポット溶接・プロジェクション溶接・シーム溶接</li> <li>●突合せ抵抗溶接 — アプセット溶接・フラッシュ溶接・バットシーム溶接</li> <li>●鍛接・摩擦圧接・爆発圧接(テルミット溶接)</li> </ul>
ろう付け	●ろう付け、はんだ付け

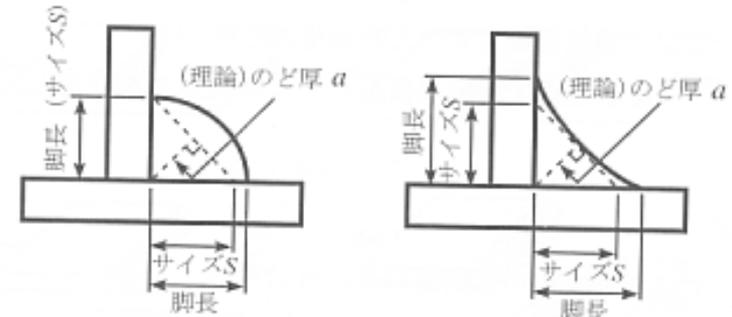


図29-16 溶接部の脚長

## 溶接-2

**ろう付**(brazing) : 接合する部材により、母材自体を溶融させずに金属同士を接合する溶接。ろう付に用いる合金を硬ろうといい、銀の合金を用いた銀ろうが最も多用されている。

**はんだ付け**(soldering) : ろうの合金で溶融温度が  $450^{\circ}\text{C}$  以下のものを軟ろうといい、その代表的なものが「はんだ」。金属同士の接合、プリント基板、端子、コネクタなど電子部品や配線部品の接合に多用。

### 圧接各種

○ **スポット溶接** : 重ねた母材を銅電極ではさみ、加圧しながら大電流を短時間通電し、発生する抵抗発熱で母材間に基石状の溶解部を形成して接合。

○ **プロジェクション溶接** : 重ねた板の一方に突起(プロジェクション)を設け、その突起に電流を集中させて抵抗溶接する。突起は溶接中につぶされて溶接部を形成し、圧痕はほとんど発生しない。

○ **シーム溶接** : 回転円盤を電極として、重ねた板を加圧したまま移動しながら断続通電によって溶解部を連続的に形成。スポット溶接の不連続性を解消するもの。ガソリタンクの周溶接等に適用。

○ **アプセット溶接** : 対向する母材の接合端面を接触させたまま母材に通電して温度を上げ、接合部を強く押し付けて溶接する。直径10mm以下の丸棒の突合せ溶接に適用。

○ **フラッシュ溶接** : 短時間で接触と離反を繰り返して、抵抗発熱とアーク加熱を利用して比較的大断面積の部材を接合する。

### 複合溶接

○ **レーザ・アーク複合溶接** : 造船用など (IHIほか) (「課題」参照)

○ SUS321L鋼に炭素鋼板をインダイレクトシーム溶接し、同時にインコネル625をプラズマ溶接し、高耐食性を実現 (新日鉄)

○ 二重焦点法による厚いアルミニウムの複合レーザ溶接 (スズキ/二輪車のメインフレームなど)

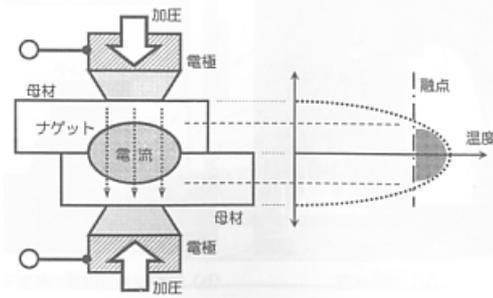


図29-17 スポット溶接

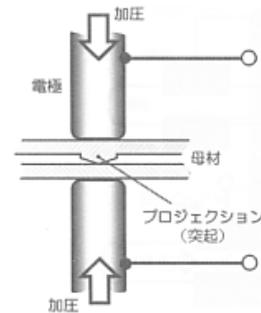


図29-18 プロジェクション溶接

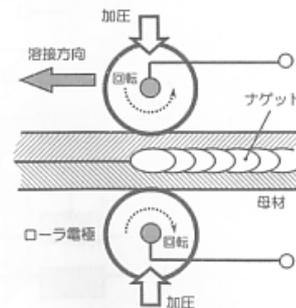


図29-19 シーム溶接

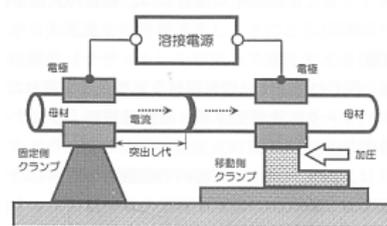


図29-20 アプセット溶接

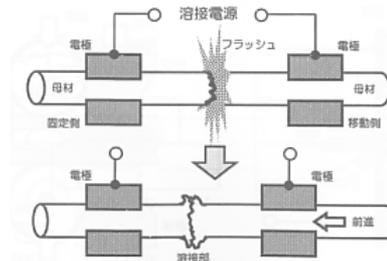


図29-21 フラッシュ溶接

# 接着

- 接着**①機械的接着(接着する材料同士の表面の微細な凹凸に入り込んで固化する)、  
 ②物理的接着(分子間相互に引っ張る力を利用する)、  
 ③化学的接着(接着する表面に化学的変化を起こす)

**主な用途:**合板製造、建築(釘の代わり)、  
 電機・電子(鉛フリーハンダから導電性接着剤への転換、液晶TVなどの反射防止フィルムの貼り付け)、自動車(ボディ外板、ヘミング構造、ダイレクトグレージング法)、航空宇宙(CFRP多用によりリベットにかわって接着)、医療 など

## プラスチックの接合法:

- ①ねじ・嵌め合わせによる接合、
- ②接着剤による接合、
- ③熱溶着、
- ④波動溶着(振動溶着、超音波溶着、高周波溶着、レーザ溶着)

○**ヘミング構造:**自動車の内外ドアパネルを合わせる部分で、スポット溶接を併用して接着剤を充填することにより、構造強度・防錆性(シーリング)をアップし、スポット溶接の打点を削減

○**ダイレクトグレージング法:**自動車のボディと窓ガラスを直接接着、従来のゴム・ガasketの代わりに、常温で湿気によりゴム状弾性体となる接着剤を使用。自動車の空気抵抗、デザイン性、衝突安全性に優れる

○**ウエルドボンド法:**金属板の接合において、あらかじめ接着剤を塗布。貼り合わせた後、点溶接する。点溶接の応力集中を接着により分散し、疲労特性が向上

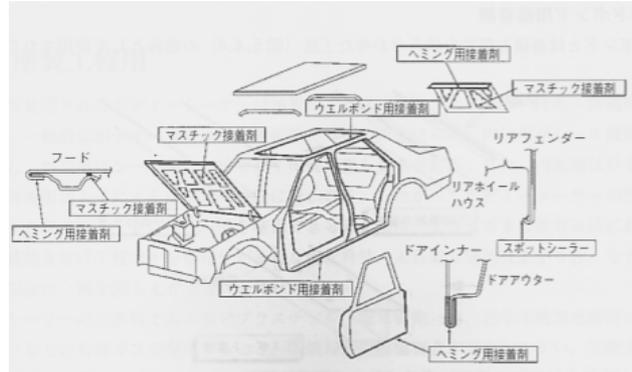


図29-22 自動車で使用される接着

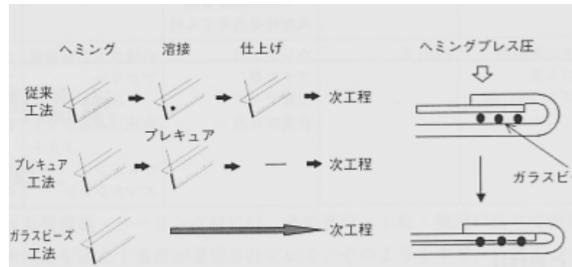


図29-23 ヘミング構造

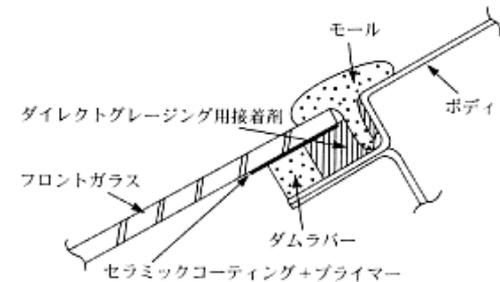


図29-24 ダイレクトグレージング法

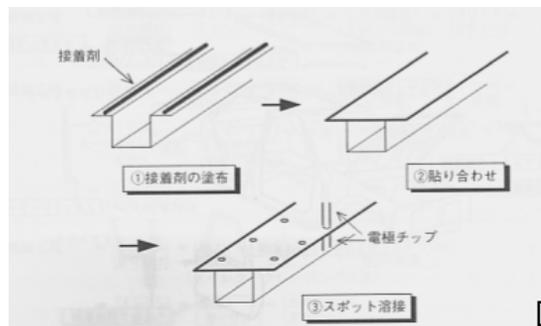


図29-25 ウエルドボンド法

表29-4 接着剤の選定手順

1次	被着材の種類 表面処理
2次	接合部の設計 必要な接着強さ 加わる力の種類 接着可能な面積 作業方法
3次	使用環境 温度・湿度 温度サイクル 振動 負荷 その他

## 接着剤

**接着剤**＝有機系と無機系に大別される

現在使用されている原料のほとんどは有機系の合成高分子である。多くの接着剤はシーリング剤としても使用される

**ホットメルト形接着剤**: 熱可塑性樹脂はペレット、フィルム、棒状、バルクの状態で供給される。塗布機(アプリーケーター)はノズルから熔融状態で吐出して被着部に塗布、貼り合わせる。接着剤層が冷えると固化して強度が発現

**エマルジョン形接着剤**: 接着剤の中に含まれる水が拡散、蒸発して固化することで接着。多孔質材料の接着やあらかじめ乾燥させておいてから貼り合わせるコンタクト接着剤、ドライラミネーション法に利用される。木工、加工木材、紙、包装、建築・土木、繊維、自動車、電気、靴などに使用

**マスチック接着剤**: 鋼板継目の機密シールに使用。無溶剤型で油のついた面の接着性に優れる

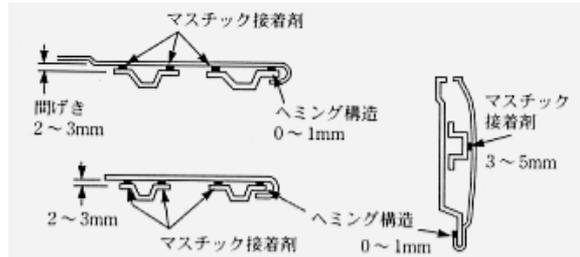


図29-26 自動車アウターパネルのマスチック接着

**接着剤の環境面での改良対策**: ホルムアルデヒドを使用しない低VOC(揮発性有機化合物)剤の適用。具体的には水性型接着剤、ホットメルト型接着剤、反応型接着剤など

**国内メーカ生産量**: 約110万トン/2006年 (おもな内訳は 合板27、二次合板3、木工3、建築10、土木2、包装用12、自動車7、電機3)

表29-5 接着剤の分類と具体例

有機系	天然系		でんぷん、ニカワ、カゼイン、アスファルト
	半合成		ニトロセルロース、酢酸セルロース
	合成系	熱硬化系	ユリア、メラミン、フェノール、エポキシ、ポリウレタン 各樹脂
		熱可塑性系	酢酸ビニル、塩化ビニル、アクリル、ポリエチレン 各樹脂
		エラストマー	クロロプレンゴム、ニトリルゴム、ブチルゴム、シリコーンゴム
	複合系	ビニル・フェノリック、ナイロン・エポキシ	
無機系			セメント、珪酸ソーダ、セラミックス系

表29-6 自動車部品の接着剤の適用例

部位		接着剤	被着剤
ボディ	ドアヘミング部	エポキシ系ヘミングシーラ	鋼板/鋼板
	フード、ドア	PVC系マスチックシーラ	鋼板/鋼板
	ダッシュボード	合成ゴム系スポットシーラ	鋼板/鋼板
	窓ガラス	ウレタン系ダイレクトグレージング材	塗板/ガラス
車体	ブレーキパッド	フェノール系	摩擦材/熱延鋼板
	エンジンマウント	塩化ゴム系加硫接着剤	ゴム/鋳鉄
内装	インパネ表皮	ウレタン系真空成形剤	PPフォーム/ABS樹脂
	ドアライニング	CR系真空成形剤	PPフォーム/PP樹脂
	シート	ウレタン系接着シート	布地/ウレタンフォーム

PP=ポリプロピレン

## 接合部の事故例

建築物・橋梁・船舶・貯蔵塔などの突然の大破壊では、構造上重要な部分の溶接施行不良やボルトの整備不良等が原因となる。また、低温時の脆性破壊では、一箇所で行った破損が、連続する溶接部全体に瞬時に走り、船体などの大事故となる。

**リバティ船沈没事故**: 第二次世界大戦中にアメリカ製溶接構造の量産貨物船・リバティ船の脆性破壊事故が1,031件(建造総数は2,708)発生。冬季の海の冷たさから起こった低温脆性破壊の知見が明らかとなった。これを契機に、靱性に優れた金属が開発され、溶接技術の安全性は向上した。

**日本航空B747型機が御巣鷹の尾根に墜落事故**: 1985年飛行中に操縦制御不能となり山中に墜落し、520人が死亡(生存者4名)。その7年前の空港での尻餅事故による後部圧力隔壁のリベット補修のミスによる金属疲労が原因。

**ソウル聖水大橋崩落事故**: 1994年、韓国・ソウル市内の漢江にかかる道路橋・聖水大橋が突然崩落し、通行中の車両が落下、32名が死亡。吊り桁の鉄骨トラスに溶接不良があったが、検査が不十分であり見逃されていた。この事故がきっかけで、韓国全土の土木構造物を一斉点検。

**コロンビア号空中分解事故**: スペースシャトルが2003年2月の帰還飛行中にテキサス州上空で空中分解し、搭乗員7名全員が死亡。打ち上げ時に、外部燃料タンクから剥がれ落ちた断熱材の破片が左翼前縁に衝突し、穴があき空中分解したと推定。信頼性管理の判断不備。

**新潟市の三菱ガス化学新潟工場の天然ガス採掘場で地下水タンクが爆発事故**: 2007年、新潟県の天然ガス採掘場で爆発。地下水をためておくタンクの補修作業中、タンクが爆発し、近くで溶接していた作業員1名が即死。工事や清掃などの作業時にはガスの掘削装置を止めて、タンクの溶接作業をする規定が守られなかったことが原因。

**トラック車軸ボルト全8本破断、脱落タイヤがバス直撃**: 静岡県の東名高速道で2008年4月、大型トラックの左後輪の一つが外れて観光バスを直撃し、8人が死傷。外れたタイヤを車軸に留めていたボルト8本すべてが折れていた。ボルトの整備不良が原因。

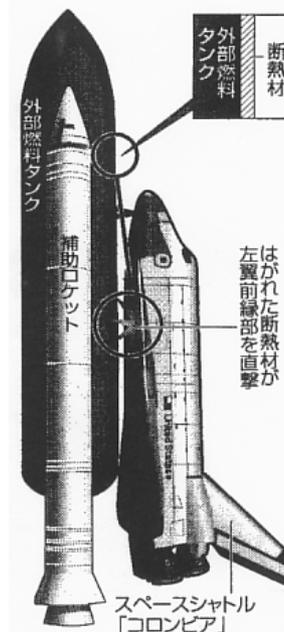


図29-27 宇宙船の事故

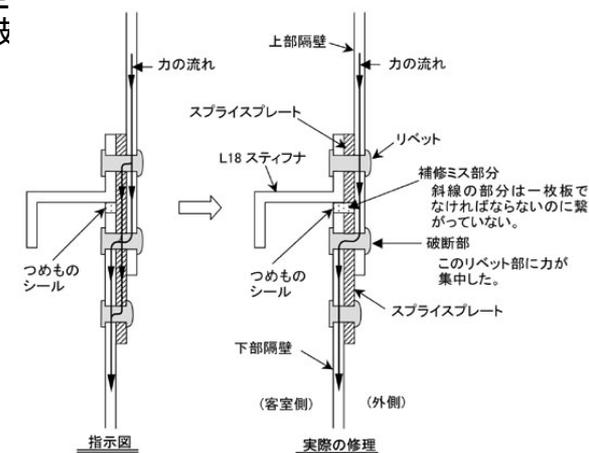


図6 後部圧力隔壁の修理状況

図29-28 後部圧力隔壁の修理 10

最近の新技术には環境問題への配慮が不可欠で、異種材料の新しい接合、新接着剤の導入にも当初から廃棄処分への見通しは重要な開発課題

接着接合部を剥離・分解するには、使用した接着剤の接着強さを低下させることが必要。そのためには熱・水・有機溶剤などにより軟化、分解、溶解することが求められる

金属－接着剤、塗料は高温での熱処理で排除可能。あとはそれぞれの素材に分別してリサイクルできる

プラスチック－IR、比重、反射光などで分別

接着剤とPRTR法－接着剤は一部のものを除き、高分子物質(ポリマー)のブレンドによって構成されているが、PRTRの指定対象化学物質のようなものが意識的に配合される場合は少ない。しかし、接着剤の性能の面から表7のように意識的に使用されているものもある。

表29-6a 意識的に使用されている指定対象化学物質

日本接着剤工業会は、技術委員会、環境委員会などで接着剤のリスクアセスメント(危険有害性の査定)およびリスクリダクション(危険有害性の削減)に取り組んでいる。

溶剤形接着剤に使用されている指定対象の有機溶剤	トルエン、ジクロロメタンなど
アクリル系化学反応形接着剤に使用されている指定対象のモノマー類	アクリル酸、メタクリル酸、アクリル酸メチルなど
エポキシ樹脂系接着剤の指定対象の硬化剤	ジエチレントリアミンなど
ポリウレタン系接着剤の指定対象の硬化剤	イソシアナート化合物の一部
ゴム系接着剤の一部の添加剤	加硫剤、加硫促進剤、紫外線吸収剤など
ポリサルファイド系シーリング剤の硬化剤	鉛およびその化合物
その他	

表29-6b 接着剤の安全利用に関する各種法規制

化学物質であること	公害防止法、大気汚染防止法、水質汚濁防止法、廃棄物処理法、悪臭防止法、毒物劇物取締法、消防法 など	取扱、廃棄、製造、輸送
使用者への接触	労働安全衛生法、作業環境測定法、家内労働法	製造、販売、取扱
使用	食品衛生法、薬事法、水道法、家庭用品規制法	用途

溶接	神戸製鋼、安川電機(溶接ロボット)、 エム、ダイヘン(溶接技術)、 太陽日酸/サーンテック、ジャパン・エア・ガシス(溶接用ガス)、 フコク(開先加工機)、 造船各社、石油/ガスタンク製造各社
溶接棒	神戸製鋼、JFE溶接棒、日鉄住金溶接工業、ニッコー溶材工業
溶接機	コクホ、松下溶接システム、向洋技研、ミヤチテクノス(溶接電源)、 精電舎電子工業、N. P. W技研*(ワイヤーシーム溶接機)
ねじ類	片山鋳螺工業△、三笠鋳螺△、ネジの高山△、ボルトワン△、八幡ねじ△(ねじ一般)、 ハードロック工業△(ロックナット)、ニチワ*(自動車用溶接ナット)、 東洋シャフト(低鉛青銅ナット)、 ベスト*(高細密六角ナット)、 紀州ファスナー工業*(セルフロックナット)、 アズマネジ△、大丸鋳螺製作所△(小ねじ)、 降矢技研*、甲府精鋳△(精密ねじ)、 ハマックス*(大型転造ねじ)
接着	自動車、電機機器、電子機器、鉄道車両、建設、住宅機器などの製造企業が多用
接着剤	ヘンケルジャパン(ロックタイト)、 セメダイン、アルテコ、スリーボンド、アーデル、味の素ファインテクノ、エス・エス・アイ(米国アレコム)、 ベロメタル・ジャパン(冷間溶接)、 オーデック(耐熱接着剤)、 MORESCO(ホットメルト接着剤)、 電気化学工業、化研テック、コニシ、中央理化学工業、田岡化学工業
軸継手	Geislinger(ダンパー軸継手)、 ケーティーアールジャパン、三木プーリ、ツバキエマソン、酒井製作所(軸継手)、 光精工*(ユニバーサルジョイント)、 九州ハセック(軸継手全般)
その他	金属技研(HIP拡散接合)、 エナミ精機*(かしめ接合)、 明石合銅*(異種金属接合)、 東亜電化*(接着剤なしの樹脂接合)、 清川メッキ(ナノレベル技術の電子部品接合)、 日本バルカー(管継手)

\*印は「元気なモノ作り中小企業300社」の対象企業、  
△印は「2008年機械要素技術展」出展社

- 団体： (社)日本ねじ工業協会、日本規格協会  
(社)溶接学会、(社)日本溶接協会、大阪大学接合科学研究所  
日本接着剤工業会、日本接着学会  
ねじJAPAN(ねじの情報&ビジネスサイト)

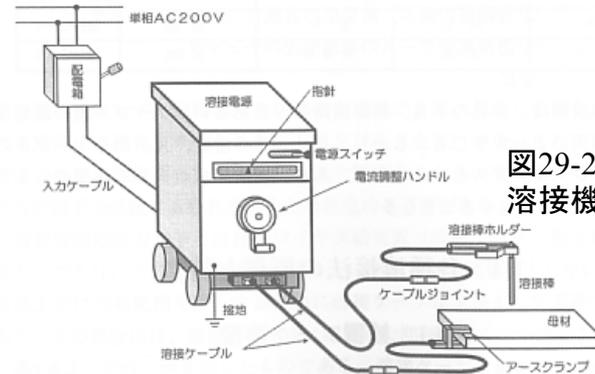


図29-28a 被覆アーク溶接機の構成

課題

<p>異種材料接合</p>	<p>還元雰囲気中にて異種金属部品同士、あるいはセラミック部品と金属部品のロー付け加工を行う。ガラスと銅をフェムト秒レーザを使い、局所的溶融を起こし、熱膨張率の影響を低減して直接接合する開発が大阪大学とNEC系企業との共同研究で進められている</p>
<p>摩擦攪拌接合 (FSW)</p>	<p>回転する円筒状の工具を強い圧力で板金に押し当てて、その摩擦熱と攪拌力で接合する。現在の主な溶接が母材や溶接棒を溶融しながら接合する液相接合であるのに対し、FSWは母材を溶融せずに塑性流動を利用した固相接合である。異種金属接合が可能</p>
<p>レーザ・アークハイブリッド溶接</p>	<p>レーザ溶接は小型、精密、作業速さが特長、一方、アーク溶接は厚板溶接に向いている。両者の特長を活かしたハイブリッド溶接は橋梁、造船などで実用直前。ワンパスで修正不要となり、大幅なコストダウンが可能となる</p>
<p>鉛フリーはんだ</p>	<p>鉛錫合金のはんだは融点、ぬれ、耐久性、価格の観点で卓越した性能をもっている。EUのRoHS指令で1998年に主要メーカーは相次いで鉛フリーはんだの導入を宣言。価格、性能のバランスの取れた鉛フリーはんだの開発が焦眉の課題となっている</p>
<p>大出力レーザ溶接機</p>	<p>10Kw級大型レーザでレーザ発信効率もよく、小型化が進んでいる。板厚16mmの鋼板を1m/分のスピードで貫通溶接が可能</p>

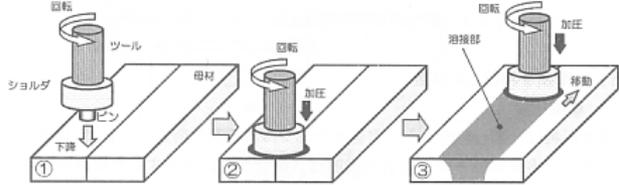
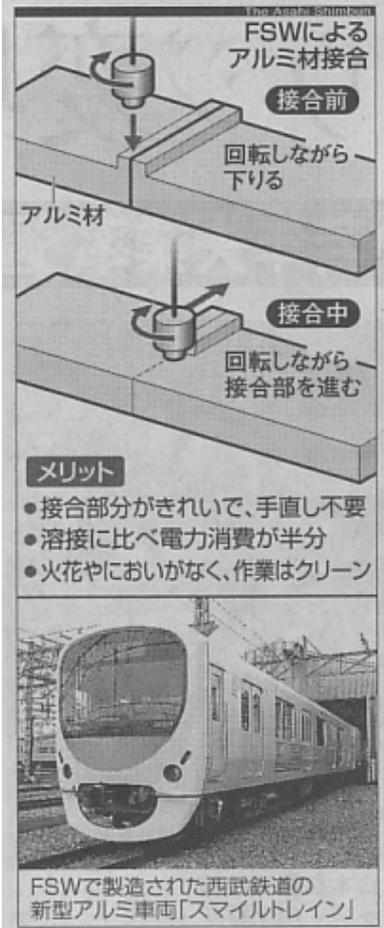


図1.49 摩擦攪拌溶接 (FSW)

図29-28b FSW

# キーワード

溶接棒	アーク溶接、ガス溶接などで金属同士を溶かして接合するときに、一緒に溶けて接合を助けるために用いる融点の低い棒状の合金。被覆アーク溶接では溶けた金属を保護するガスなどを発生させる被覆材が電極ともなっている心棒の外側をカバーしている
開先	溶接を行う母材間に設ける溝のこと。開先形状としては、I形、V形、レ形、X形、U形、K形、J形、両面J形、H形がある。開先を設けて行う溶接は、継手形状としては、突合せ継手、T継手、十字継手、角継手に適用される
p-n接合	正の電荷を持つ正孔を運ぶp型半導体と、負の電荷を持つn型半導体を接合することにより整流性、光起電力効果などが生じ、ダイオード、トランジスタなど各種の半導体素子に広く応用されている
実装	プリント基板に印刷でハンダを供給し、リードなしのチップ部品を加熱接合する。この方式の導入でぬれ、接合界面ボイド、熱応力などの問題を解決する技術が開発された

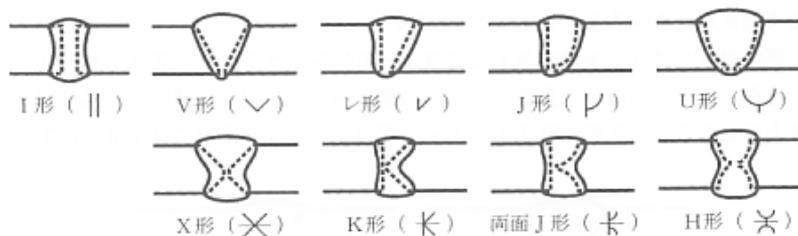


図329-28c 開先の種類



図29-28d 溶接棒とホルダー

## 参考資料

1. 絵とき溶接基礎のきそ 安田克彦 日刊工業新聞社 2006.11.10
2. 新版溶接・接合技術入門 溶接学会編 産報出版 2008.3.1
3. 被着材からみた接着技術－金属材料編 三刀基郷監修 日刊工業新聞社 2003.3.31
4. 被着材からみた接着技術－プラスチック材料編 三刀基郷監修 日刊工業新聞社 2003.4.30
5. 日本機械学会会誌 2007年9月号 つなぐ、つける、はめる特集
6. 溶接・接合技術の進歩と21世紀への展望 日本学術会議 2002.10.4
7. 初心者のための接着技術読本 日本接着学会編 日刊工業新聞社 2004.5.3
- 8 各社HP、新聞記事

