

海外生産における接着組立ての高信頼化

三菱電機(株) 先端技術総合研究所 原賀康介

要 旨

近年海外生産が増加しており、最近では海外生産品の組立てにも接着接合が適用されている。接着接合はボルト・ナットや溶接とは異なり化学的な接合であるため、接合性能に影響する因子が多く、特に海外で信頼性の高い接着接合を行なうためには次のような解決すべき課題がある。(1)気候の違い(季節による温度変化や結露など)、(2)現地鋼板材料のばらつきと接着剤の相性、(3)検査設備が不十分、(4)接着剤の輸送、有効期限、(5)作業教育と作業管理。

ここでは、中国における車両空調装置の枠体組立てと駅ホーム・安全柵の可動扉組立てにおいて実施した、接着剤の使用温度範囲の拡大、防錆のための油面接着、簡易検査方法の開発、現地鋼板材料での接着性能のばらつき確認によるプライマー塗布の廃止、接着剤の非危険物化による輸送の簡素化、配合比の許容範囲拡大や色変化による混合・硬化状態の可視化、接着剤の保管条件の簡素化、作業教育と認定、空気洗浄式二液混合塗布装置の開発など高信頼性接着の取り組みについて述べる。

これらの技術開発により、海外における接着組立ての品質を大きく改善する事ができた。

1. まえがき

近年、輸出品の現地生産や国内向け製品の海外生産が増加している。最近では、これら海外生産品の組立てにも接着接合が適用されているが、接着接合はボルト・ナットや溶接とは異なり化学的な接合であるため、接合性能に影響する因子が多く、信頼性の高い接着接合を行なうためには解決すべき多くの課題がある。ここでは、中国における車両空調装置の枠体組立てと駅ホーム安全柵の可動扉組立てにおける高信頼性接着の取り組みについて述べる。

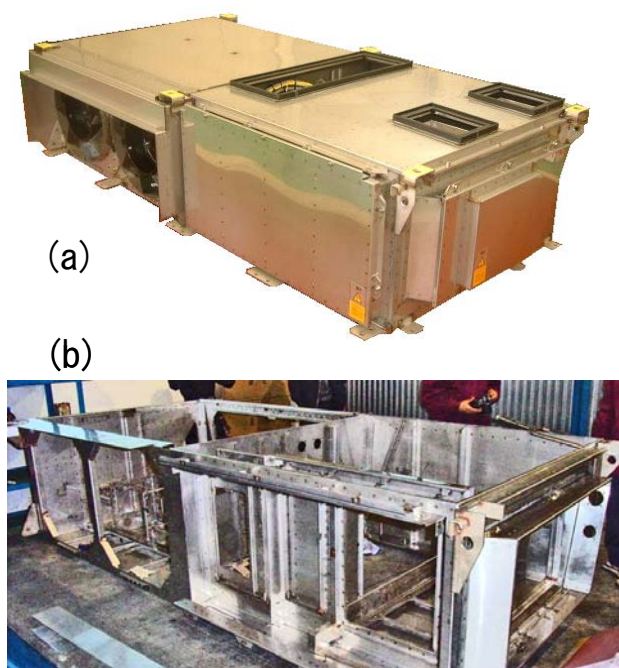


図1. 車両空調装置の外観(a)と主枠の構造(b)

2. 適用事例

(1) 車両空調装置の枠体組立て

図1に、中国高速車両向けの床下吊下げ式車両空調装置の外観と枠体を示した。ステンレスの板金製で、水密性、気密性も要求されるため、接合組立てには、図2に示すようなウエルドボンディングが使用されている。接着剤は二液アクリル系が使用されている。

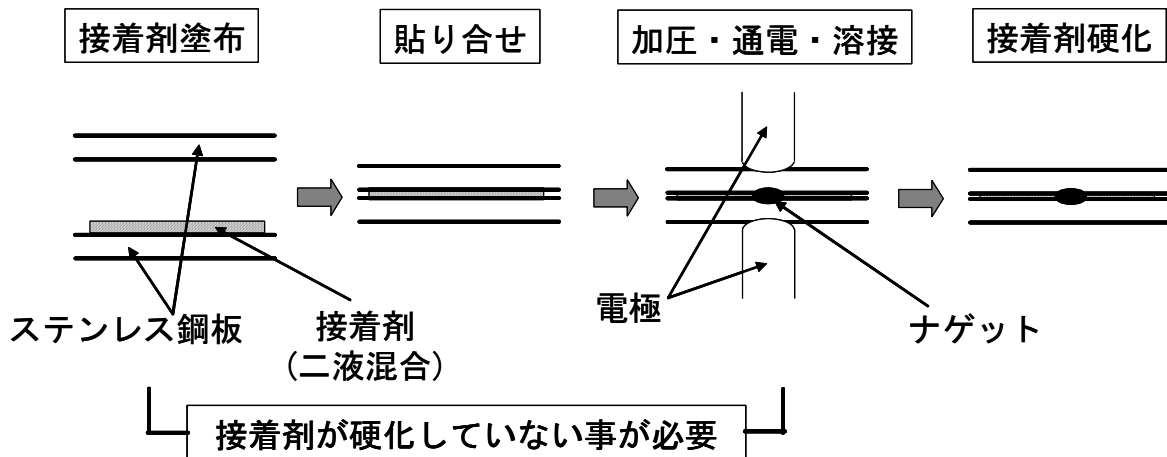


図2. 二液型接着剤によるウエルドボンディングのプロセス

(2) 駅ホーム安全柵の可動扉組立て

図3に、駅ホーム安全柵の外観を示した。可動扉は内部に補強枠を有して両面に意匠パネルが接着されている。材質は鋼であり、接着剤は二液アクリル系が使用されている。



図3. 駅ホーム柵の外観

3. 海外生産における接着組立ての課題

海外生産に接着接合を適用する場合は、次のような課題がある。

(1) 気候の違い

日本国内に比べて夏季の高温、冬季の低温の程度が厳しく、日本国内で使用している接着剤では、夏季は硬化が速すぎて作業時間が取れず、冬季には硬化しないという問題がある。また、地域や季節により結露がひどいことが頻繁にあり、塗装やめっきがされていない鋼製部品に錆が発生するという問題も有る。

(2) 現地鋼板材料と接着剤の相性

ステンレス材は一般に接着性能がばらつきやすい材料であるが、現地調達材料での接着

性のばらつきに関するデータはほとんどない。

(3) 検査設備

国内では引張り試験などの接着強度試験がなされているが、海外工場では引張り試験機や分析装置などが整備されていない場合も多く、専用の試験設備を用いずに簡単に良否を判定できる検査法の開発が必要である。

(4) 接着剤の輸送、有効期限

二液アクリル系接着剤は一般に消防法の第4類第1石油類に該当するため、海外に輸送する場合は、特殊な梱包が必要となり、コストアップとなる。また、接着剤の種類によっては温度や保管期間などの管理条件が厳しく、冷蔵で空輸せざるを得ない場合もありコストアップとなる。

(5) 作業教育と作業管理

現地工場では、高い信頼性が要求される接着接合の経験が少ない場合が多く、作業員への教育や作業管理の簡素化が重要である。



図4. テコ式ローラ剥離破壊検査法

4. 高信頼化のための取組み

(1) 検査方法の開発

引張り試験機による強度試験の代替として、簡易破壊試験法を開発した。車両空調装置の枠体組立てでは、2枚のステンレス板をウエルドボンディングして接着剤が硬化後にタガネで

破壊する。駅ホーム安全柵の可動扉組立てでは、図4に示すように、角パイプと鋼板を接着した試験片をテコを取り付けたローラで剥離破壊する。破壊後、接着剤の硬化度合いと接着剤の内部で破壊する凝集破壊

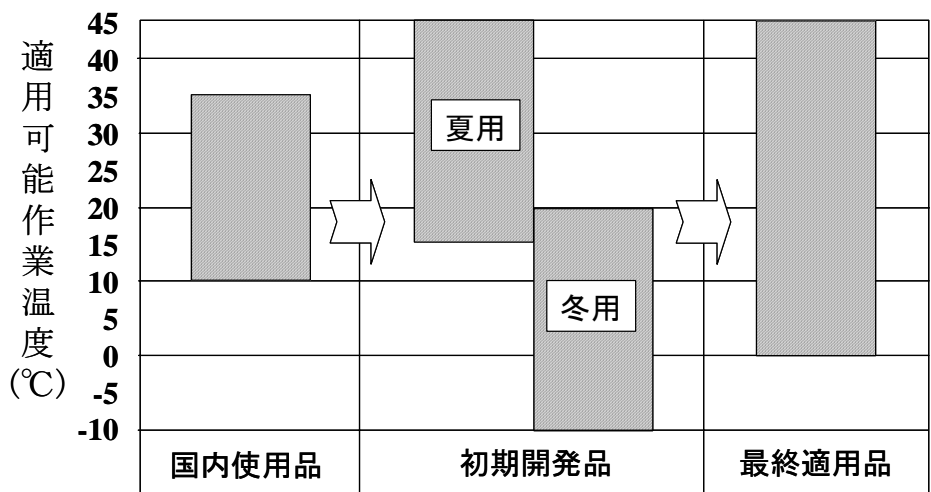


図5. 現地の気温に合わせた接着剤の開発経緯

の割合を確認し、可否を判定している⁽¹⁾。

(2) 現地の気温に合わせた接着剤の開発

地域によっては夏は40℃以上、冬は0℃以下での接着作業がなされる。図5に示すように、国内で使用している接着剤では適用可能な温度範囲が狭いため、現地に合わせて、まず夏用と冬用の二種類を開発して季節による使い分けとした。しかし、切替時期や在庫管理に問題があるため、工場内の温度・湿度を1年半にわたって1時間おきに自動記録し、工場内温度の実態確認と工場環境の整備を行い、0℃～45℃まで使用できる接着剤を開発し一本化した。

(3) 油塗布防錆面の接着

結露による鋼製部品の防錆対策として、加工後防製油を塗布して保管される。接着作業では一般に脱脂作業が必須であるが、脱脂の程度を定量的に把握するのは困難であり、接着特性のばらつきの元となる。そこで油面接着性に優れた二液アクリル系接着剤を採用し、使用する防錆油の種類と油付着量の上限值を規定する事により、脱脂作業を廃止してウェス拭きのみとした。図6に示すように、油面でも全面優れた凝集破壊となっている。



図6. 油面接着品の破壊状態(全面良好な凝集破壊)

(4) 現地鋼板材料での接着性能のばらつき確認

ステンレス鋼板のロットによる接着性能のばらつきを避けるために、当初はプライマー塗布を実施していた。プライマー塗布作業は、塗布量、塗布されているかどうかの確認、作業時間、材料輸送など種々の問題があるため、図7に示すように、15ロットのステンレス鋼板についてプライマーなしで48回の評価を行ない、いずれも優れた接着状態であることを確認し、現在でのプライマー塗布作業を廃止した。

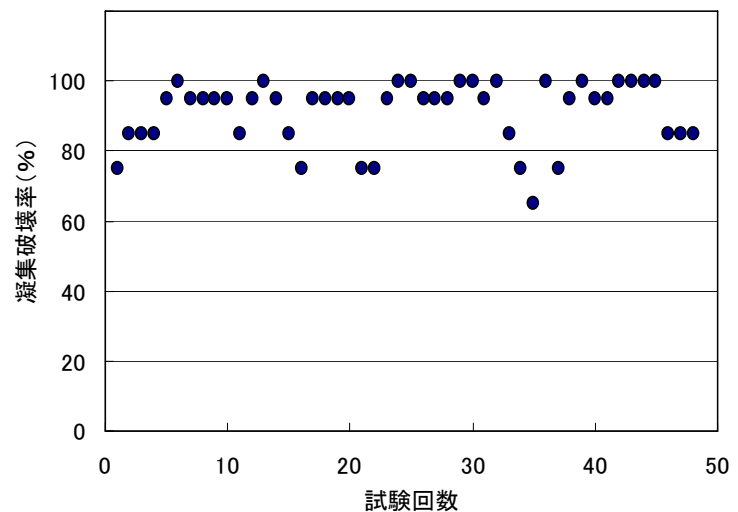


図7. ステンレス鋼板のロットによる接着特性のばらつきの評価結果

(5) 輸送費低減のための接着剤の開発

一般の二液アクリル系接着剤は、引火点の低いメチルメタクリレート

が主成分であるため、危険物輸送となり梱包費用、輸送費用が問題である。そこで、主成分を国際法上の危険物の引火点規定の60℃以上の成分に変えた接着剤を開発した。

表1に従来品と開発品の組成の比較を示した。

表1. 従来接着剤と開発接着剤の組成の比較

従来接着剤		開発接着剤	
メチルメタクリレート (引火点：21℃)	40～50%	フェノキシエチルメタクリレート (引火点：101℃)	30～40%
その他のアクリルモノマー	20～40%	←	20～40%
エラストマー成分	15～20%	←	15～20%
酸化剤：クメンヒドロパーオキシド	3～5%	←	3～5%
還元剤：2-イミダゾリジノン (有機アミン系)	0.5～2%	還元剤：バナジルアセチルアセテート (金属錯体系)	0.5～2%

(6) 作業教育と認定

接着接合の良否を接着後に判定するのは非常に困難である。高い接着信頼性を確保するためには作業管理基準の遵守が重要であるが、接着作業に慣れていないと基準の重要性の認識に乏しく、ともすると基準を逸脱した作業がなされてしまう恐れもある。そこで、作業者に座学と現場実習による教育を行い、接着作業従事者を認定する制度を採用した。

(7) 作業管理基準を簡素化

作業管理基準を簡素化して作業者への負担を減らす事も信頼性向上に有効である。そこで、新たに開発した接着剤では、図8に示すように、二液を混合すると色が変わり、接着剤のゲル化が始まると再び色が変わるようにした。接着剤の混合むらの発見や、貼り合せ作業までの許容時間を作業者自身が目で確認できるようになった。また、新開発接着剤では、図9に示すように、二液の配合比の許容範囲を非常に広くした。

また、海外で使用する接着剤の場合は、保管温度や保管期限の制限も管理上の問題点である。新開発接着剤では、図10に示すように、保

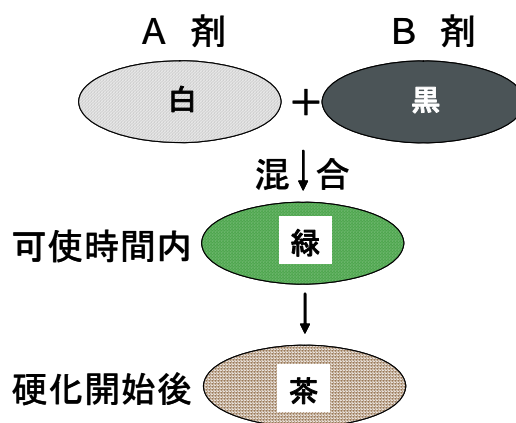


図8. 開発接着剤の色の変化

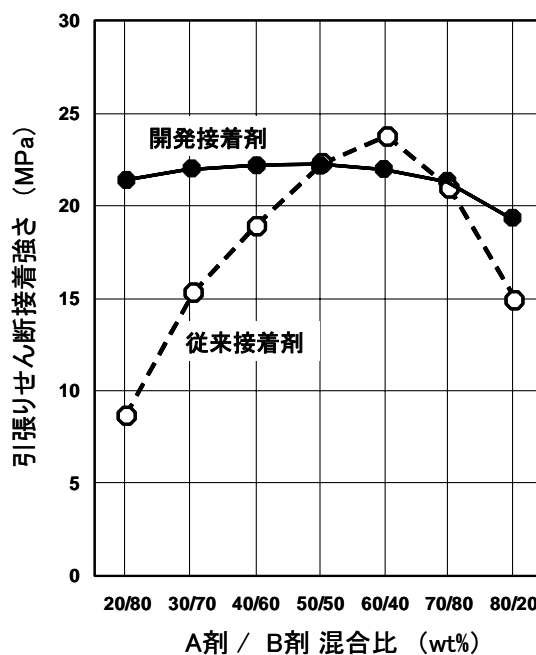


図9. 二液の配合比と強度

管条件も緩和されている。

(8) 接着剤塗布装置の開発

二液型接着剤の塗布装置はスタティックミキサー混合方式が広く用いられているが、塗布終了後放置しているとミキサー内で接着剤が硬化してしまうという問題がある。対策として、一定時間経過後に自動的に捨て打ちを行ったり溶剤で洗浄する方法が取られているが、接着剤の無駄や溶剤の安全性や接着剤中への混入などが問題である。そこで、**図 11** に示すような塗布後一定時間経過すると空気でミキサー内を洗浄する塗布装置を開発した。これにより作業者はミキサー内での接着剤の硬化を気にすることなく作業に専念できるようになった。

		2ヶ月	6ヶ月	1年
室温 保管	開発接着剤			
	従来接着剤			
冷蔵庫 保管	開発接着剤			
	従来接着剤			

図 10. 保管条件の比較



図 11. 空気洗浄式塗布装置

5. おわりに

海外における接着組立ての課題と実施してきた対応策について述べた。実施した種々の対応策により、現在まで問題は生じておらず、高品質の接着接合がなされている。

本技術の開発に当たって、電気化学工業(株)に多大なるご協力をいただきましたことに感謝いたします。

参考文献

(1)原賀康介:信頼性の高い接着を行なうための基本条件と耐久性評価法. 日本接着学会誌, Vol.43, No.8, P.319-324 (2007)