

平成 29 年度 公益財団法人溶接接合工学振興会 第 28 回セミナー
～鉄/アルミ/CFRP 異材接手の最前線～

日時 平成 29 年 10 月 25 日(水)13:00~19:00

場所 ホテルニューオータニイン東京

講演会 ニューオータニイン東京 4 階相生の間

懇親会 ニューオータニイン東京 3 階レストラン

主催 公益財団法人 溶接接合工学振興会

共催 公益財団法人 国民工業振興会

後援 一般社団法人溶接学会、一般社団法人日本溶接協会

公益社団法人日本技術士会

開会挨拶・司会

株式会社 IHI

山岡弘人氏

講演会にご出席の先生方

大阪大学名誉教授

平田好則氏

大阪大学溶接接合科学研究所所長

一般社団法人溶接学会会長

公益財団法人溶接接合工学振興会常務理事 南二三吉氏



山岡弘人氏(IHI)



平田好則氏(阪大名誉教授)



南二三吉氏(溶接学会会長)

(第 1 部) 異材接合の全体動向

大阪大学名誉教授 平田好則氏

2013 年に発足した「革新的産業構造材料研究開発」は、自動車をはじめとする輸送機器の軽量化を通じて、エネルギーを節約し、CO₂ 排出量を削減する目的を持つプロジェクトで、NEDO 委託事業として、新構造材料技術研究組合(ISMA)によって運営されており、平田教授は、コーディネーターとして溶接技術全般に関わっておられる。講演では、ISMA プロジェクトの概要について解説された。

ISMA プロジェクトとは、鉄鋼材料をはじめ、軽金属、CFRP(炭



素繊維強化プラスチック)、樹脂などに関わる接合技術開発が行われているが、異材接合技術は体系的に確立されておらず、今後、接合プロセスの開発と共に、異材界面の材料科学と力学特性、金属/樹脂の界面化学、異材接合部の性能評価、標準化などの課題解決が必要で、溶接・接合、接着、複合材料、高分子化学、腐蝕・防食、計算科学など様々な分野から、知恵を結集し、使える技術に仕上げていく必要があると説明された。

(第2部) 異材接合技術

1)異材接合の接合メカニズムと評価方法 産業技術総合研究所 堀内伸氏

低炭素社会の実現に向けて、自動車等輸送機器の軽量化は、燃費向上の有力な手段とされ、特に、自動車分野のマルチマテリアル化においては、従来のボルト接合や溶接に代わる新たな接合方法として接着接合が注目されている。

接着剤によるプラスチックと金属の接合では、面で接合すること、接着剤層として多種の物性値を持つ材料を自由に選択できる。

金属とプラスチックの熱膨張係数の違いから発生するサーマル・ムーブメントによる内部応力に対して、間に挟まる接着層の熱膨張係数を両者の中間に制御することで、残留応力の軽減を図ることができる。また、接着剤層の弾性率を適度に調整することで、熱膨張差による歪発生応力を緩和することが可能である。

講演では、樹脂-金属界面での化学反応現象を解析する方法として、電子顕微鏡による解析事例、樹脂-金属接合特性評価試験方法(ISO19095-1,2,3,4)の概要についても紹介された。



2)異種材料の接着技術 セメダイン株式会社 秋本雅人氏

低炭素社会の実現に向けて、自動車等輸送機器の軽量化は、燃費向上の有力な手段とされ、特に、自動車分野のマルチマテリアル化においては、従来のボルト接合や溶接に代わる新たな接合方法として接着接合が注目されている。

接着剤によるプラスチックと金属の接合では、面で接合すること、接着材料として多種の物性値を持つ材料を自由に選択できる。

金属とプラスチックの熱膨張係数の違いから発生するサーマル・ムーブメントによる内部応力に対して、間に挟まる接着剤の熱膨張係数の制御を、両者の中間とすることで、残留応力の軽減を図ることができる。又、接着剤層の弾性率を適度に調整することで、熱膨張差によるひずみ発生応力を緩和することあ可能である。

講演では、構造用接着剤、弾性接着剤の用途、特徴を紹介され、セメダイン(株)で検討されている変性シリコン樹脂を応用した接着系についても紹介された。



3)摩擦重ね接合及び抵抗溶接による金属/樹脂・炭素繊維強化樹脂の異種材料接合

大阪大学・接合科学研究所 永塚公彬氏

地球環境への配慮から、輸送機器のマルチマテリアル化による軽量化が求められており、金属材料より軽量で、比強度に優れた炭素繊維強化樹脂(CFRP)の適用が期待されている。

マルチマテリアル化の実現には、強度、信頼性、生産効率を満足する金属/CFRPの異材接合技術の確立が不可欠で、摩擦重ね接合(FLJ)による接合法が提案され、同法の紹介と接合強度等の接合特性に溶接条件等が及ぼす影響について紹介された。

金属には、Al合金(A5052)、炭素鋼(SPCC)、ステンレス鋼(SUS304)板等、樹脂 CFRP としては、熱可塑性樹脂(ポリアミド 6 及びポリエチレン板、及びポリアミド 6 に短繊維の炭素繊維を添加し、射出成型により成型した CFRTP 板(母材に熱可塑性樹脂を使用した複合材で、熱可塑性 CFRP とも称される。))を使用した。

摩擦重ね接合では、金属を上板、樹脂 CFRP をした板として固定し、回転ツールを金属板に押し付けて加熱を行い、接合条件の接合強度への影響を検討した結果、接合条件を最適化することで強固な接合が可能で、表面処理によって接合強度をより強固にできることが判った。又、抵抗スポット溶接(RSW)を応用して重ね接手の金属側にもみ通電するシリーズ抵抗スポット溶接による金属/CFRPの異材接合についても検討している。



4.熱可塑性エラストマーからなるインサート材を用いた異種材料のレーザー接合技術

岡山県工業試験センター研究開発部 水戸岡豊氏

異種材料の接合に、熱可塑性エラストマー(TPE; サーマンプラスチックエラストマー)からなるインサート材を介してレーザー溶接する方法を紹介された。加熱すると流動性を発生し、冷却するとゴム状に戻り、加硫なしで加硫ゴムと同等の弾性を示し、補強なしで高強度、高引張応力を示す熱可塑性エラストマーを接合材間に配置した状態で、レーザー照射し、TPEを溶融させて接合部を形成する。このとき、プラスチックは、相溶、相互作用、二次結合で接合し、金属などの無機材料に対しては、極性官能基がそれらの表面と化学的結合により接合する。



本開発プロセスは、スマートフォンの筐体とディスプレイ間の接合で実用化されており、さらにタブレット、ウェアブル端末、デジタルカメラ等でも実用化されている。

本プロセスは、熱可塑性 CFRP と異種材料の接合プロセスとしても期待されており、講演では、異種プラスチック間接合-金属間接合についても詳細に説明された。

また、最近の研究として、NEDO 省エネルギー革新技术開発事業「革新的材料(CFRP)

加工技術の事前研究」、経済産業省 H24~26 年 戦略的基盤技術高度化支援事業「自動車部品等の軽量化を促進するためのメタルと炭素繊維強化プラスチックのレーザを用いる異材接合技術のシステム開発」についても説明された。

5. ナノモールディングテクノロジーによる金属/CFRP の高強度接合技術

大成プラス株式会社 成富正徳氏

金属と樹脂の射出成型接合(ナノモールディングテクノロジー)の詳細を説明され、接合サンプル(写真参照)を配布された。本接合では、アルカリ・酸・水和性ヒドラジンに浸漬することで、金属表面に深さ $70\mu\text{m}$ 、穴径 $20\sim 50\mu\text{m}$ のスポンジ状の多孔質体を形成し、その金属を射出成型の金型にインサートし樹脂を射出すると、熔融した樹脂が金属表面に形成されたスポンジ状の穴の中に入り込んで冷却固化して抜けなくなるため、強固に物理的に接合する。本法で接合可能な樹脂は PPS、PBT、PA6、PA66、PPA、PEEK であり、接合可能な金属はアルミニウム、マグネシウム、銅、ステンレス、チタン、鉄、アルミメッキ鋼板、黄銅と報告された。



配布サンプル

また、CFRTP と金属の射出接合については、金属と CFRTP のバインダーとして GFRTP を射出成型することで、接合強度を確保する新しい接合技術を開発している。さらに CFRP-金属接合体の特性試験方法の規格化についても取り組んでいる。

(第3部)異材接合の産業応用検討

6. 大型構造物への適用検討；異材構造体の設計技術 株式会社 IHI 猪瀬幸太郎氏

鋼 CFRP(炭素繊維強化プラスチック)複合構造の船舶上部構造、橋梁等の大型構造物への適用、コンテナ船等のパネル構造等の鋼 CFRP 複合構造部材の設計と試作、さらに性能確証のための強度試験、接合技術等について基本的な考え方を詳細に紹介された。



鋼 CFRP 複合構造で、鋼は縦弾性係数(ヤング率)が高く、圧縮耐荷力に優れており、CFRP は軽量化に有利で、引張荷重に対しては弾性限界強度に優れており、合理的な設計にはこれらの特徴を踏まえて設計することが重要である。

大型構造物は、桁、梁、パネル等で構成されており、I 型断面では引張応力部位に CFRP を配材、ボックス柱では4角の鋼をつなぐスキンプレートに CFRP を用いて検討しており、鋼と CFRP の重ね接手部は、接着、表面処理、レーザ溶着、摩擦重ね接合(FLJ)で検討した結果を報告された。その結果、鋼・複合柱構造は、外形寸法が等しい鋼柱構造と同等以上

の耐荷力を有し、端部を除く一般部の単位長重量は約 3/4 軽量であることが証明された。

鋼、CFRP 等の異種材料を大型構造物に適用する場合には、材料特性を踏まえて適切に配材することで、軽量化など合理化が期待できると結論された。

7.自動車分野への適用適用；その1 マツダ株式会社技術研究所 杉本幸弘氏

自動車の軽量化、マルチマテリアル化について、現状及び将来の方向性について講演された。欧州での 2020 年燃費規制では CO2 排出量 95gr/km であり、現状は 130gr/km 程度のため厳しい規定である。対策は車体の軽量化であり、当面は鋼板を使いこなす方向で進めており、更にアルミニウム、CFRP 等を組み合わせたマルチマテリアル車体の実現には、異種材料からなる複数の部材を組み付けるための接合技術が不可欠で、現場では、リベット等の機械的接合や接着に限られ、多関節ロボットによるスポット溶接を前提とした現状の車体組立への展開について種々の検討経緯を説明された。



平成 26 年度から NEDO 委託事業「新構造材料等研究開発」が開始され、マルチマテリアル化による最適設計と軽量化を推進するための革新的軽量材料や異材溶接技術が開発されている。その開発事例として、「アルミニウム/CFRP の摩擦攪拌点接合」と「アルミニウム/鋼板の抵抗スポット溶接」の技術概要が紹介された。アルミニウム/CFRP 摩擦攪拌点接合では、ツール回転による摩擦熱で熱可塑性樹脂が溶融し、アルミ側に溶着する。又、アルミニウム/鋼板抵抗スポット溶接は、通電や加圧条件を制御することで、アルミニウム/鋼板/鋼板の 3 種類の溶接が可能であることを報告された。

8.自動車分野への適用検討；その2 株式会社神戸製鋼所 鈴木励一氏

欧米自動車メーカーのマルチマテリアル化動向について詳細に解説され、軽量化素材の適用は、破壊強度の不要な外板部材から、衝突等の衝撃からキャビンを守る骨格部材にまで適用が及んでいることが説明された。欧州での自動車向け異種材料接合法は、機械的な接合法と接着剤は欧州メーカーの独占的状況であり、自動車会社が接合法に求める要素は、①高ロバスト性、②低コスト、③高能率、④高信頼性、⑤品質確認性等である。



アルミと鋼の接合法では、点接合法である機械的接合法と共に、剛性確保と異材特有の電食(ガルバニック腐蝕)問題への解決法として、接着剤を併用するハイブリッド手法が採用されている。

代表的な自動車用異種金属接合法は、機械的接合法(締結)であり、最も普及している異材接合法である SPR(Self Piece Rivet)は、アルミ材同士の接合も含め多用されている。

自動車素材は、当面ベース素材は鋼であり、1 ギガパスカル級を越える高強度化が進み、

その溶接性は劣化方向にあり、溶接部の劣化、各種溶接割れの問題も生じやすい。

新たに開発された異種金属溶接法として、アーク熱を用いて簇合状態を形成する片面溶接法「エレメントアークスポット溶接法(EASW)」を開発されており、その詳細内容をビデオ画像を併用して紹介され、更に直近の各種接合法の開発状況についても言及された。

閉会挨拶・質疑応答

株式会社 IHI 山岡弘人氏
大阪大学名誉教授 平田好則氏

平田教授から、ISMA 異材接合プロジェクトの接合分科会((株)IHI, マツダ(株)が参加)の研究開発成果の概要を紹介された。材質は、金属が SPCC(1.2mm)及び A5052(1.2mm)で、CFRTP は、30%CF の 3mm 厚で、接合法としては、鋼材の場合は接着とレーザー溶着、アルミ材の場合は、摩擦重ね接合と摩擦点接合で検討された。

懇親会

司会 公益社団法人日本技術士会 参与 名誉金属部会長
公益財団法人 溶接接合工学振興会 専務理事
公益財団法人 国民工業振興会 専務理事 吉武進也氏

一般社団法人 日本溶接技術センター 会長
公益財団法人 溶接接合工学振興会 理事 入江弘定氏



吉武進也氏



入江弘定氏

初めのことば

大阪大学 名誉教授
大阪大学 未来戦略紀行 第一部門 特任教授
公益財団法人 溶接接合工学振興会 審議員 平田好則氏



乾杯 日鐵住金溶接工業株式会社 執行役員 光工場長 野瀬哲郎氏



会食・懇談





中締め 東京大学大学院 工学系研究科 教授
公益財団法人 溶接接合工学振興会 理事 青山和浩氏

