

## 大面積ワンショット接合技術への期待

Prospect of One Shot Welding with Large Joint  
Cross-section

大阪大学  
接合科学研究所  
教授

工学博士 中田 一博  
Kazuhiro Nakata



### 1. ワンショット溶接

「大面積の接合面を有する継手を一度の処理で、かつ瞬時に接合できたらどんなに良いだろうか。例えば、畳1枚分の広さの有る板を1 shot (ワンショット) で重ね接合する、あるいは板厚 300 mm の板をワンショットで突合せ溶接する、こんなことができれば世の中のものづくりがまさに大きく変わるであろう」。

新しい溶接・接合技術開発に関するプロジェクトを企画しようとして、接合科学研究所の教員数名と企業有志とで雑談もどきの会合をしていた時に、出てきたフレーズである。「一発」で溶接できれば、という話し言葉であったが、少しスマートにした「ワンショット」というキーワードがすぐに出てきた。

現実には、厚板のアーク溶接では、図1に示すように大面積の開先部を多層溶接という方法で下から上に何層にも分けて溶接ビードを積み重ねて開先部を全て溶着金属で埋めて接合を完了するのであるが、いかに自動化が進んでいるとはいえ、時間や労力がかかり、また溶接品質確保の為に細心の注意と多くの管理コストを払う必要が有る。

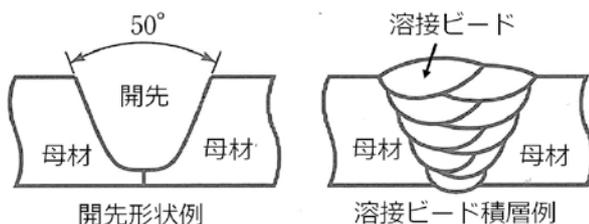


図1 アーク溶接における開先と積層法 (継手断面)

それでは、ワンショット溶接は現実に存在するのであるかという、幾つかの候補となる溶接法が浮かんでくる。その筆頭は、大出力電子ビーム溶接法である。

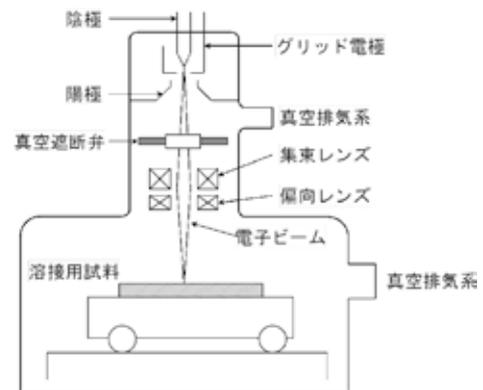


図2 (a) 電子ビーム溶接装置

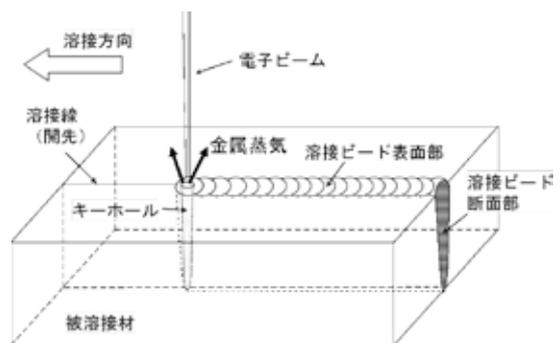


図2 (b) 電子ビーム溶接機構

電子ビーム溶接法は図2(a)に示すように、高真空中で高エネルギーの電子ビームを利用する溶接法である。真空中での金属の蒸発に伴うキーホール現象を利用した深溶け込み溶接機構 (図2(b)) により、厚板鋼材の突合せ溶接を1パスで完了する。アーク溶接のようなU形やV形開先も不要であり、板厚 300mm程度の超厚板の1パス溶接も可能である。しかし、このためには、100kW級の大出力

の電子ビーム溶接機が必要であり、残念ながら装置コストが極めて高く、ごく一部の実用化に留まっている。なお、中小出力の電子ビーム溶接機はその特徴を生かして精密・マイクロ溶接など多方面で使用されている。

このほかにワンショット溶接法の候補として浮かぶのは、圧接法であり、幾つかの種類はあるが、爆発圧接や摩擦圧接が挙げられる。火薬の爆発の衝撃エネルギーを利用して面接合を行う爆発圧接は、取り扱いに制約が大きい。一方図3に示す摩擦圧接は装置的にも簡便であるが、対象は小口径の棒材が主であり、その応用は限定されてきた。金属の塑性流動現象を利用する固相接合であり、接合部材の大口径化は困難と考えられてきたのである。

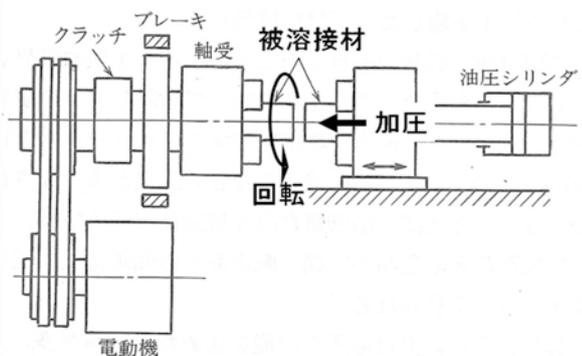


図3 摩擦圧接装置構成例 (ブレーキ式)

## 2. 摩擦圧接による鉄鋼／アルミニウムの異材溶接

大阪府堺市内に摩擦圧接を行っている面白い金属加工会社があるとのことで今年7月末に見学に伺った。特徴的な接合部材として、20mm程度のスチレンス鋼棒材とアルミニウム棒材の異材継手部材や、直径30～70mm程度のスチレンス鋼とアルミニウムのパイプ異材継手部材などを作製しており、近年、異材接合部品の年間出荷量は数万個程度まで増加しているとのこと。摩擦圧接機に材料をセットすると、目の前であつという間に異材接合継手が出来上がる。継手は接合界面で破断することは無く、接合強度は十分に高いとのことである。確かに、何度も繰返し曲げ試験を行っても接合界面では破断していない。破断はアルミニウム母材部で発生している。図4にその曲げ試験後の継手外観写真を示す。うわさには聞いていたが、これほど強固に鉄鋼材

料とアルミニウムの異材接合継手が、このようにいとも簡単にできて良いのだろうか、溶接・接合を専門とする研究者として狐につままれたような気になった。鉄とアルミニウムの異材接合は接合界面にもろい金属間化合物が形成されやすく、このため不可能ではないが、困難な異材継手の組合せの代表格であると、これまで紹介してきた<sup>1~4)</sup>。

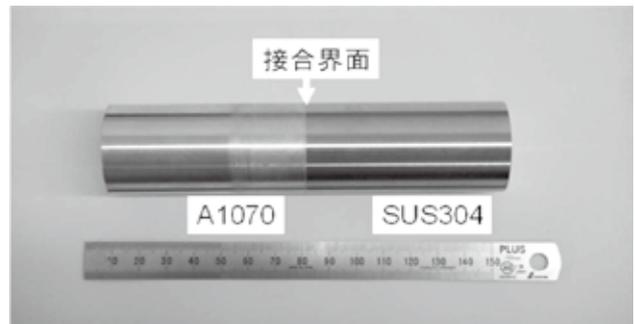


図4(a) SUS304/A1070 異材接合継手、直径24mm丸棒、摩擦圧接後表面機械加工 (精密工業㈱提供)

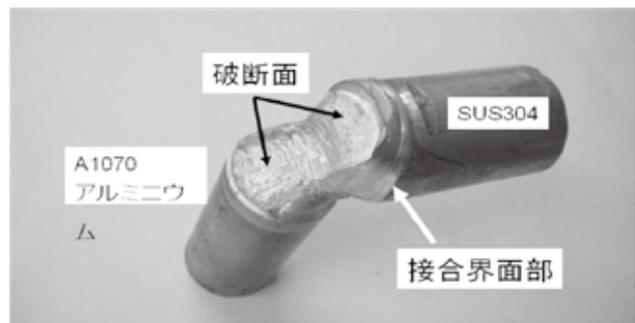


図4(b) SUS304/A1070 異材接合継手、直径24mm丸棒、表面機械加工後に90度曲げ戻し試験を繰返し実施；A1母材部破断を呈する (精密工業㈱提供)

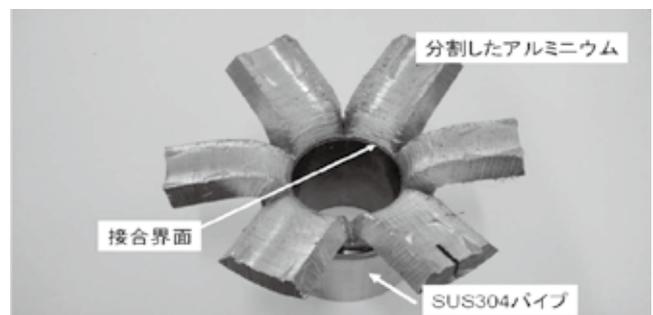


図4(c) SUS304/A1070 異材接合継手、外径70mm、内径50mmパイプ、表面機械加工後にアルミニウムパイプ部に長手方向にスリットを接合界面部まで入れて6分割し、曲げ試験を行った状態；アルミニウム母材部破断を呈する (精密工業㈱提供)

それが社会常識でもあるために、当然のことながらユーザーからはなかなか信用してもらえなかったそうである。このような状況下で、ユーザーの信頼を獲得し実用化にこぎつけた技術力には敬服する。

最近、同じ固相接合である摩擦攪拌接合を用いて、鉄鋼とアルミニウム合金の異材接合継手部品が自動車部品として、大手自動車会社において実用化されたとのことである。摩擦エネルギーを利用して接合分野で技術的なブレイクスルーを目指す動きが高まっており、今後の摩擦圧接の異材接合分野への展開に大いに期待致したいものである。

### 3. 大口径摩擦圧接

つい最近、直径 265mm に達する Cr-Mo 鋼丸棒をたった一発の接合工程で完璧に接合できるという大型摩擦圧接機に直面する機会を得た。先に訪問した堺市の金属加工会社から、想像をはるかに超えた大口径の丸棒の摩擦圧接を実用化している会社が北九州にあるという話を伺い、その会社を紹介頂いて、8月初旬に早速北九州に飛んでいったのである。

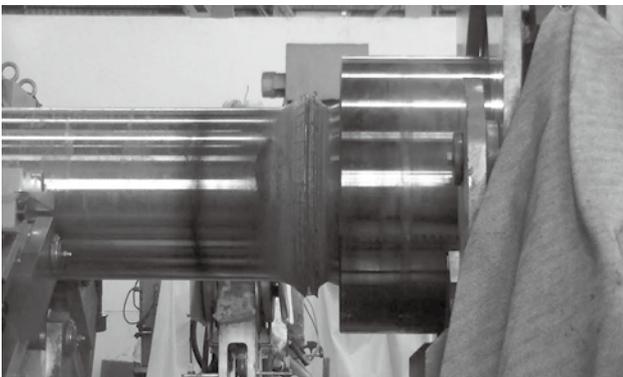


図5 大口径摩擦圧接継手例 (Cr-Mo 鋼、直径 265mm 丸棒) (株フジコー提供)

私が知っているこれまでの摩擦圧接部品の想像を超えた巨大な丸棒部品が大型圧接機にセットされており、また、接合が完了して並べられた大口径の摩擦圧接継手製品に圧倒された(図 5)。まさに「ワンショット接合」が目の前にあったのである。担当者にお話を伺うと、あまりに話が大き過ぎて(接合対象部材の口径が大き過ぎて)摩擦圧接機の専門製作会社と共同で設計・製作したそうである。いわゆるサポインといわれる経済産業省の公的資金支援を受けたとはいえ、いわば未知の領域に挑戦したそのチャレンジ精神と、それをやり遂げ

て、実用製品として実際の評価を得た技術力に敬意を表したい。現在、新たな大型摩擦圧接機を自家設計で製作しており、接合口径 350mm までの部材が可能とのことで、さらなるチャレンジを目指すとのことであった。今回は実際の接合時にぜひ立ち会いたいものである。

### 4. 摩擦圧接継手の品質評価

このように摩擦圧接は、異材接合法やワンショット接合法として大きな可能性を有しており、かつ熔融溶接よりはるかに低温での接合温度のために、省エネルギー接合法としても優れた特性を有している。一方、熔融を伴わない固相接合であり、金属の塑性流動を利用した接合機構の為に、熔融溶接継手に比して、その継手品質は低く見られがちである。その一因として摩擦圧接継手の品質評価に関する明確な基準や規格が十分には整備されていないことが挙げられよう。

このような背景を受けて、経済産業省の標準化事業の一環として、現在、摩擦圧接継手の品質評価に関する JIS 規格制定に関する一連の活動が進められている。学術面からの接合機構に対するさらなる深かぼりと併せて、その成果に大いに期待致したい。

### 5. おわりに

工場見学でお世話になるとともに貴重な摩擦圧接継手部品写真のご提供を頂いた株式会社フジコー取締役 永吉英昭殿、並びに精密工業株式会社接合事業部長 中島和之殿に御礼申し上げます。

### 参考文献

- 1) 中田一博、牛尾政夫、異材溶接・接合のニーズと今後の技術開発の動向、溶接学会誌、71巻(2002)、6号、418-421
- 2) 中田一博、異材接合への期待とその展望、溶接技術、50巻(2002)、2号、64-68
- 3) 中田一博、最新接合技術の可能性－異種材料接合(1)基礎と課題、日経ものづくり、2013年8月号、118-121
- 4) 中田一博、最新接合技術の可能性－異種材料接合(2)現状と展望、日経ものづくり、2013年9月号、116-121