

加圧波形制御による抵抗スポット溶接継手の接合強度向上に関する研究

大阪工業大学工学部機械工学科 講師 伊與田 宗慶



1. はじめに

近年、自動車の低燃費性および安全性の向上に関心が高まっており、各自動車メーカーにおいては様々な取り組みが実施されている。その中で、自動車構造部材に対する強度の高い鋼材、いわゆる“ハイテン材”的適用が、低燃費性および安全性の向上を同時に達成できる手法として積極的に取り組まれている。近年では、引張強さが1000MPaを超える超ハイテン材について、一部の强度部材への適用も進められており、自動車構造部材へのハイテン材の適用は、今後益々推進されていくものと予想される。

一方、自動車用薄鋼板の接合には、抵抗スポット溶接が多く用いられている。抵抗スポット溶接とは、重ね合わせた鋼板を電極で挟み込み、加圧力を加えながら電流を流すことで溶接部を形成する接合方法である。(図1参照)本溶接法は、1点あたりの溶接時間が通常1秒以内と短く、また鋼板同士を電極で押し付けながら溶接を施すことから、自動車用薄鋼板の接合に適した溶接方法であると言



図1 抵抗スポット溶接

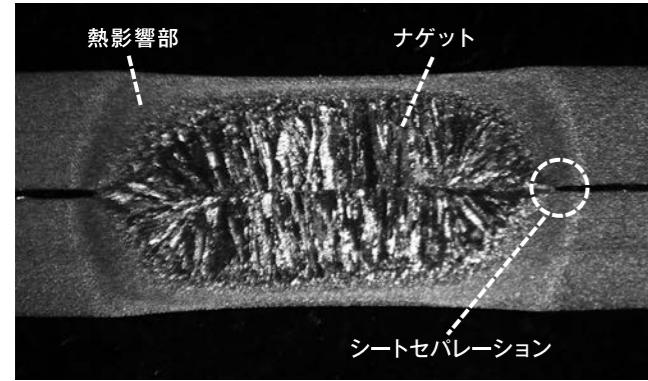


図2 抵抗スポット溶接部の断面マクロ写真

る。抵抗スポット溶接により形成される溶接部の断面マクロ写真を図2に示す。

溶接部には中央にナゲットと呼ばれる碁石状の溶融部が形成され、ナゲットの周囲に熱影響部が形成される。さらに、板の浮き上がりによるシートセパレーション

2. 加圧波形制御による温度履歴制御

前述の背景を基に、本研究ではハイテン材抵抗スポット溶接継手の接合強度向上を目的とした溶接部の温度履歴制御手法について、溶接中における加圧力に注目した検討を実施した。図3に、抵抗スポット溶接における基本的な溶接プロセスと合わせて、本研究における検討内容の概要を示す。抵抗スポット溶接は通常、①電極加圧による鋼板の合わせ、②電極間の通電による溶融部形成、③電極加圧保持による溶接部の冷却、というプロセスで接合が行われる。これらプロセス中において、電極は加圧、通電、および冷却という役割を担う。この中でも、本検討では「冷却」の役割に着目した検討を実施した。

電極による冷却は、電極が銅製、さらに常時水冷されていることから達成される。この水冷銅製の電極により、通電中においても鋼板表面が溶融せず鋼板内部に溶接部が形成され、さらに溶接後における急冷が達成されて

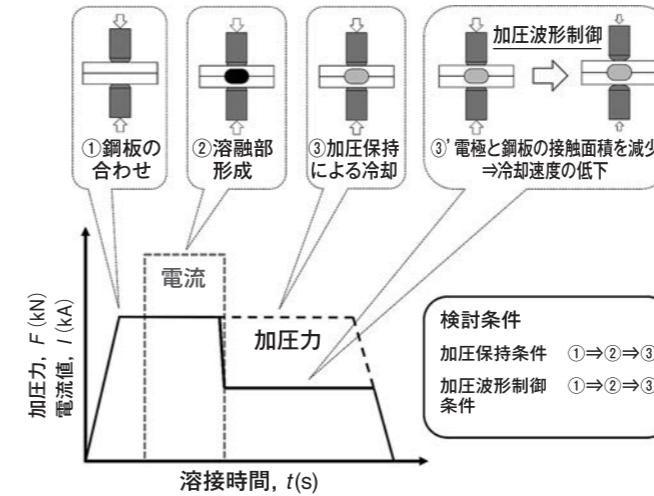


図3 検討内容の概略図

いる。しかし、ハイテン材の溶接時においては、この急冷が溶接部特性における硬化や韌性低下に影響を及ぼすことから、本検討では溶接後における加圧波形制御の実施を試みた。

電極の先端形状には様々なものがあり適材適所で最適な形状が選択されるが、一般的にはR形やDR形といった先端に曲率を有する形状が用いられる。加圧波形制御による温度履歴制御においては、この電極先端の曲率を利用して、鋼板と電極の接触面積を制御することによる温度履歴の制御を目的としている。本検討では図3の③'に示すように、通電後の加圧力を大きく低下させることによる電極と鋼板の接触面積の減少から、電極による冷却効果の低下を狙った条件について検討を行った。

3. 光ファイバー温度計を使った温度履歴測定

加圧波形制御による溶接部の温度履歴変化を捉えるためには、融点近く、もしくはそれ以上に加熱された鋼板内部の温度履歴測定が必須となる。そこで本研究では、光ファイバー温度測定装置を用いて、溶融部内部の温度履歴測定を試みた。本装置は、光ファイバーを溶融部に挿入し、溶融部から発せられる放射光を光ファイバーにて検出することで、溶融部の温度履歴を測定することが可能となる装置である。光ファイバーを鋼板に設けた0.3mm四方の溝にはめ込み、電極加圧中心位置に設置することで、溶融部中心部を狙った温度履歴測定を実施した。(図4参照)

測定結果を図5に示す。図中、破線で示す結果は、通常の加圧保持(図3、①⇒②⇒③)を行った温度履歴であり、実線で示す結果は加圧波形制御として、通電終了後に加圧波形制御(図3、①⇒②⇒③')を行った温度履歴である。測定結果から、加圧波形制御を行うこと

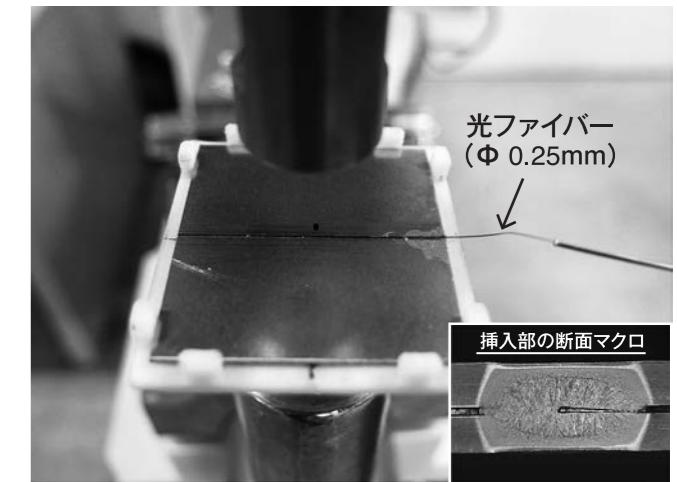


図4 光ファイバーを用いた温度測定

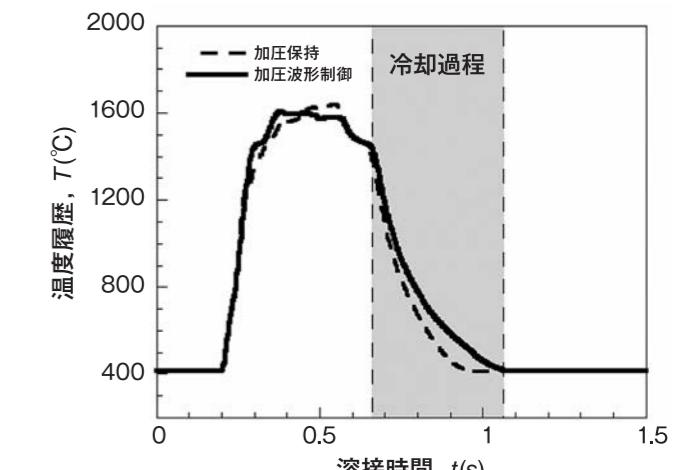


図5 ナゲット内部の温度履歴測定結果

で、図中灰色で示す冷却過程の温度低下が緩やかになっていることが分かる。これは前述の狙い通り、加圧波形制御による電極と板の接触面積の減少から、電極への抜熱効果が低下したこと、冷却速度に変化が生じたものと考えられる。

4. まとめと今後の展望

本研究では、抵抗スポット溶接継手の接合強度向上手法として、加圧波形制御を用いた温度履歴制御手法について検討を行った。その結果、溶接後の加圧力を低下させることで、ナゲットにおける冷却速度を低下させることが可能であることが確認された。本結果は、加圧波形制御による温度履歴制御の可能性を示唆するものであり、これら結果を基に、溶接部特性制御、さらには接合強度向上が可能な加圧波形制御を考案できるものと考えられる。

今後は、本研究で用いた温度履歴測定手法、および数値シミュレーションの援用により、加圧波形と温度履歴のより詳細な関係を把握するとともに、溶接部特性との関係を明らかにする。さらには、接合強度向上に最適な加圧波形制御条件について検討を進めていく。

東南アジア地域に適用可能な触媒 フリーナノ粒子浄化技術の開発

名古屋大学大学院機械理工学専攻 准教授 山本 和弘



1. はじめに

現在、中国や東南アジアを含む各国で大気汚染が問題となっている。その主要な原因の1つに自動車の排気ガスが挙げられる。日本では非常に厳しい規制が導入されているが、かつては日本でも各種の公害や大気汚染が深刻であった。当時、自動車の排気ガスは非常に有害であったことから、1968年に大気汚染防止法が施行、さらに1978年には日本版のマスキー法が制定された。ただし、それほど厳しい環境規制がないアジア諸国では、自動車の排出ガス性能が1978年当時の日本車より悪い場合もある。特に、大型トラックやバスなどのディーゼル車は、産業や運輸部門の主要な輸送・流通手段であるにも関わらず、すななどのナノ粒子に対する規制が先進国に比べるとほとんど進んでいない。

ディーゼル車から排出される粒子対策として、ディーゼル微粒子除去フィルタ (Diesel Particulate Filter, DPF) が開発された。DPFの原理は、濾過壁内部に空孔構造を持つセラミックのフィルタに排気ガスを通し、PM粒子を壁内部で捕集する仕組みである。堆積した微粒子を過剰に捕集すると排気ガスの圧力が上昇し、燃費の悪化やエンジン停止などの問題が起こるが、捕集した粒子を触媒により処理する技術が日本では既に確立され

ている。ただし、途上国では燃料に関する規制、特に、低硫黄燃料油に関する規制がほとんどなく、価格の安い劣悪な燃料を使用している。このため、排気ガス中の微粒子濃度が高いだけでなく、硫黄分による触媒の被毒があるため日本企業が持つ先進の触媒浄化技術をそのまま使用できない。加えて、日本の浄化技術は制御が複雑であり、システム全体の費用が高価であるため、途上国にそのまま転用できない。また、触媒の耐熱性が十分ではないなどの問題も残されている。

そこで我々は、軽量かつ丈夫で耐久性もあるSiC繊維に着目した。通常、触媒を担持したセラミックのフィルタは高温になると基材の亀裂や触媒が溶損するが、高い耐熱性を持つSiC繊維はフィルタの基材として非常に有望である。ただし、このような新技術を導入するためには、実際に使用する地域の大気や燃料を用いた評価が不可欠である。そこで、今回は東南アジアの代表的な地域として、ベトナム・ハノイを選び、SiC繊維を用いた排ガス浄化技術を検討した。この技術は触媒を利用しないため低コストであり、低品質な燃料を使用しているこれらの地域でも適用できる可能性があるが、日本とは大気環境や燃料性状が大きく異なるため、これらの都市部で実際に走行している車両を利用した実機試験

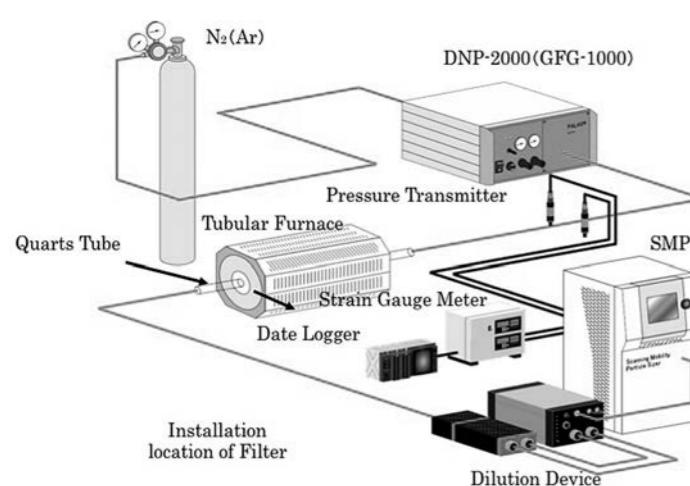


図1 捕集実験の概略図

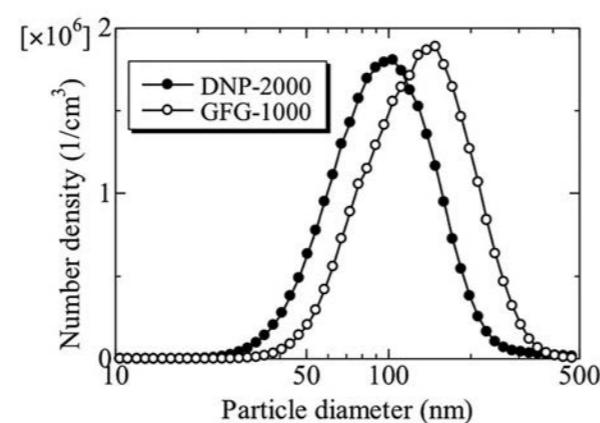


図2 DNP-2000とGFG-1000から発生する粒径分布の比較

が欠かせない。そこで、現地の協力機関であるハノイ工科大学と共にデータをとり、さまざまな運転条件を想定した試験を行った。

2. 実験内容及び結果

本研究では、SiC繊維を用いた実験室レベルのフィルタの捕集性能評価及び実機を用いた試験を行った。図1に名古屋大学の実験室で行った捕集実験の装置概略を示す。炭素粒子発生装置は、一定の粒径分布を持つカーボン粒子を発生できる利点を持ち、基礎研究に広く使用されている。これらの装置は、2本の黒鉛電極間に高电压をかけることで炭素凝集粒子を発生させる。炭素粒子発生装置に粒入せるキャリアガスは、DNP-2000では窒素、GFG-1000ではアルゴンを用い、それぞれマスフローコントローラを用いて流量を制御する。本研究では、4 L/minに流量を固定している。また、Pod値と呼ばれるダイヤル値を調節することで内部電圧の周波数が変わり、粒径分布を変化させることができる。この装置を使用して実際に発生させた粒径分布を図2に示す。図に示すようにDNP-2000では、100 nm付近にピークをもつ粒径分布となっているのに対し、GFG-1000では130 nm付近にピークをもつ粒径分布となっている。実際の実験は、この2つの粒子発生装置を組み合わせて行った。またカーボン粒子を用いた実験に加えて、ベトナム製オートバイを用いたエンジンベンチ試験もハノイの現地機関で実施した。

粒子濃度の測定は、走査型モビリティーパーティクルサイザー (SMPS: Model-3034D TSI 製) を用いてフィルタ通過前と後のガス中に含まれる粒子の測定を行なった。SMPSはDPF (Diesel Particulate Filter) に関する研究や燃焼によるすの発生に関する研究などに広く用いられている。測定時はサンプリング過程での凝集を抑えるために、100倍に希釈してサンプリング計測を行なった。また、フィルタ前後の圧力を2つの圧力センサーを用いて計測し、その差を圧力損失として記録した。

また、ベトナム製のバイクを用いたエンジン試験で使用したエンジンベンチの写真を図3に示す。また、エンジンの仕様を表1に示す。フィルタを継続して使用する場合、堆積した粒子を酸化させるフィルタの再生過程が必要である。そこで、実機に適用した場合を想定し、エンジンに設置したSiC繊維のフィルタを繰り返し継続して使用した場合のデータを取得した。本研究では、フィルタに酸素を含む高温のガスを流すことによって、堆積したカーボン粒子を燃焼させ、フィルタの再生を行ない、次の捕集実験を行った。このようにして捕集と再生を繰り返すことにより、高温下での耐久性を調べ、SiC繊維を用いたナノ粒子浄化技術の有効性を実機でも確認した。

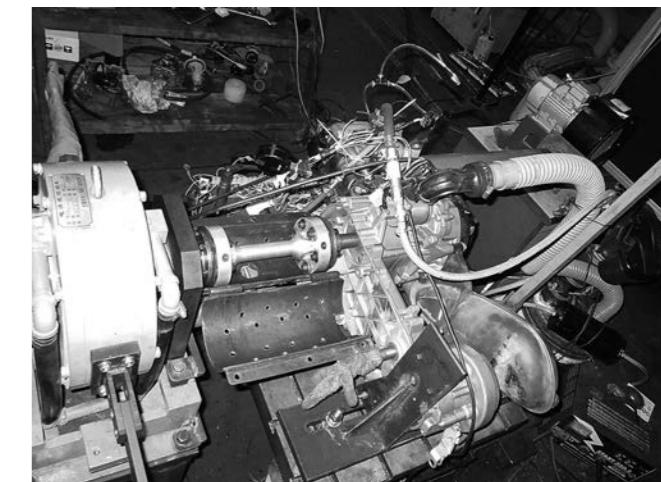


図3 エンジンベンチ試験の装置概要

表1 エンジンの仕様

Model	HONDA LEAD
Engine Type	1 cylinder, SOHC, 2 valves
Displacement	108 cc
Maximum power	6.4kW@7500rpm
Maximum Torque	9.2Nm@6000rpm
EGR System	NA
Turbocharger system	NA

ボン粒子を燃焼させ、フィルタの再生を行ない、次の捕集実験を行った。このようにして捕集と再生を繰り返すことにより、高温下での耐久性を調べ、SiC繊維を用いたナノ粒子浄化技術の有効性を実機でも確認した。

3. まとめと今後の展望

東南アジアの経済発展は目覚ましいが、環境面でのインフラが遅れているため大気汚染が深刻化している。問題となっているのは、自動車やバイクなどから排出される微小粒子 (PM) である。新興国である東南アジアは将来的にも有望な市場であるが、日本企業が今後も競争力を維持していくには、技術面での東南アジアと日本の国際連携が必須であり、これらの国々と共同で大気汚染問題を解決していくことが、他国と差別化を図る上で重要な成功事例になりうる。ただし、これらの地域で流通しているのは高い硫黄分の低品質燃料であり、日本で開発された触媒を用いたナノ粒子浄化技術がそのままでは使用できない。そこで触媒を用いない(触媒フリー)のナノ粒子浄化技術が求められている。今後も東南アジアの現地研究機関と協力し、我々が検討しているSiC繊維を用いた新しい触媒フリーの排ガス浄化技術を共同で開発していきたい。