



専門分野 衝撃工学, 機械力学
最終学歴 熊本大学大学院自然科学研究科
 生産システム科学専攻修了(平成 18 年 3 月)
学位 博士(工学)(熊本大学)
職歴 栗田工業株式会社, 熊本大学非常勤技術員



<はじめに>

本研究室では、「爆薬を利用した材料加工に関する研究」、「小型ボードマイコンを利用したものづくり」に関する研究および実習を行っている。以下に、現在の研究内容の詳細を示す。内容に関しては、今後変更する可能性もある。

<研究内容>

1. 爆薬を利用した材料加工に関する研究

1-1 高速度衝突における金属材料の接合・合成に関する研究

本研究室では、「爆薬」を利用した材料加工(爆薬加工法)に関する研究を行っている。爆薬加工法は、爆薬が爆轟することで発生する衝撃波を金属板に作用させて緻密な変形を達成させる「爆発成形」や、爆轟圧力を金属板に作用させることで金属板を高速度に飛翔させ、別の金属板へ高速度で衝突させて瞬間的に接合を行う「爆発圧着(爆発圧接)」、爆薬の爆轟圧力を金属粉末に作用させて固化成形を行う「爆発圧搾(衝撃粉末固化成形)」、爆薬の爆発によって発生する高圧力・高温状態を利用して材料合成を行う「爆発合成」などがある。

本研究室では、「爆発圧接」に関する研究を行い、他大学の研究グループと共同研究を実施している。爆発圧着は、図1に示すような形式で実施される。均一な厚さの爆薬を載せた金属板(合わせ材・飛翔板)を、別の金属板(母材)からある間隔を設けて配置し、爆薬の一端から起爆する。爆轟したときの圧力で金属板は下方に向けて急速に加速し、高速度で母材に衝突する。一端から起爆するので、合わせ材はある角度を有しながら衝突する。

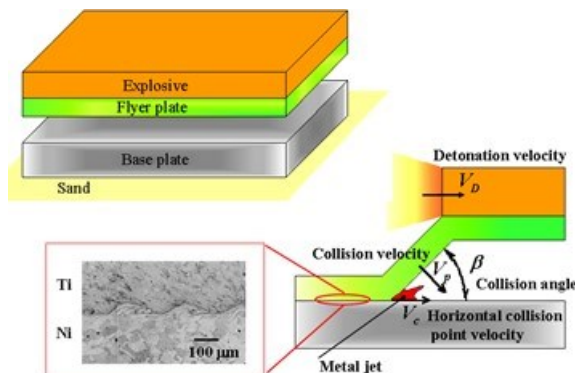


図1 爆発圧着法の概略図

飛翔材と母材とが衝突する際、衝突角度および衝突速度がある条件を満たした場合には、衝突点で金属固体が流体的な挙動を示し、衝突点から金属ジェットが発生し、その接合界面(金属の境界面)が波状に形成される。この方法の特徴は、密度や融点などの特性が大きく異なる金属同士でも接合できる点である。ただし異種金属の組合せでは、衝突条件(衝突角度及び衝突速度)を最適にしなければ、接合境界に硬くて脆い合金を生成し、クラックや割れを生じる可能性がある。そこで、最適な接合条件を明らかにすることを目的として接合時に発生する金属ジェットに着目し、その生成状態について研究を進め、共同研究によって金属ジェットの発生現象について明瞭に観測することに成功した。

現在ではこの結果を元に、金属ジェットの利用に関する研究を行っており、図2に示すように、金属ジェット同士の衝突によって発生する超高压状態について観測・回収実験を進めている。

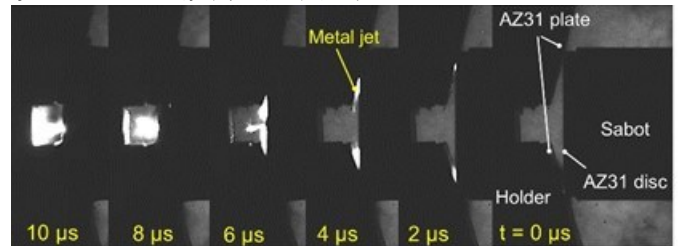


図2 金属ジェットの衝突 ($\beta = 15^\circ$, $V_p = 495.5 \text{ m/s}$)

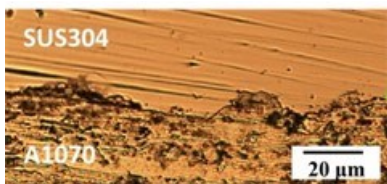
1-2 管材の爆発成形・接合に関する研究

現在、自動車用タイロッドやラックバー、二輪車用ヘッドパイプ等の製品に、偏肉管、つまり、厚さが一定ではない管材が用いられることが多い。軽量化を図るため、強度を必要とする部分だけにパイプ径を大きくする必要があるが、部分的に大きくするような加工は難しい。そこで、本研究では爆発圧接法を応用して、局所的に肉厚が異なる管材の製造開発を行っている。

管材の爆発圧着法では爆薬を資料金属管の外側に配置する方法がよく用いられるが、管材全体を爆薬で覆う必要があるため、1回で使用する爆薬量が多くなる。そこで、線状の爆薬である導爆線を用いて管材の中から接合させる方法について研究を進めている。図3に、2022年度実施した実験後の接合例を示す。図3は、長さ150 mmのステンレス鋼(SUS304)鋼管の内部に、長さ50 mmのアルミニウム合金(A1070)パイプを配置し、その内側に、シリコンゴムで



(a) SUS304 (外管) への A1070 の局所接合



(b) 接合界面

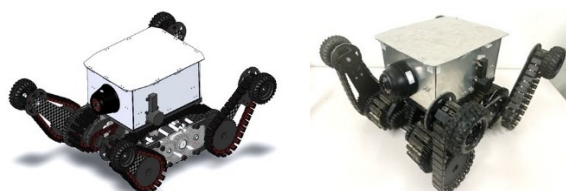
図3 爆発圧着法による管材の局所接合

覆った導爆線を配置したときの実験例である。SUS304 鋼管の外径が 25.4 mm, 肉厚 1.2 mm で, A1070 パイプの外径が 20 mm, 肉厚 1.7 mm のときで, 良好な接合を達成できた。しかしながら, この条件以外では, 全長にわたった接合を達成できなかった。今後は, この材料組合せを変化させ, 接合が難しい難加工材に関しては爆発成形によって局所的な減肉化を検討している。

2. 小型ボードマイコンを利用したものづくり

現在, 半導体技術の発展によって, 機械製品の多くには AI などのマイクロコンピュータが組み込まれている。また, Arduino や Raspberry pi といった安価なマイコンボードが流通し, 初心者でも容易に取り扱うことができるようになった。そのため, 工業製品の試作機などの開発に, このような小型ボードマイコンが利用され, 製品開発の迅速化と経費削減といった設計法の最適化が用いられつつある。機械関連以外の分野でも小型コンピュータの利用・開発が行われている。

そこで, 本研究では簡単な電子機器類を使用した機械設計や製品開発に関して, 機械の製作を実施しながら開発技術の発展を目指している。最近ではこのような機械として, マルチコプター, いわゆるドローンの開発が多く行われており, 探食用として大量配備が可能で, 上空から探査できるといった利点があるものの, 強風などの圧天候に弱いといった課題もある。そこで, 広範囲での情報収集を行うことができる陸上探索ロボットの開発を目指し, 移動速度の向上を図るため, クローラと 4 輪走行といった走行形態を切り替えることができるロボットの開発を試みた。図 4 は, 2022 年度に製作した走行切り替え機構を搭載した探索ロボットの 3D-CAD モデル図と実機写真図である。走行切替型ロボットの試作を行ってから 3 機目になる機体で, 最高速度が人間の移動速度と同レベルの 5 km/h で移動でき, 階段の連続登頂および障害物の乗り越え等も加工となった試作 3 号機である。この機体には, 現場の状況把握を行うために赤外線機能付きのカメラを搭載するだけでなく, 内部の電流状態などを把握するためのセンサと, 自己位置を推定できるリアルタイム GPS 機能を



(a) クローラ形態のモデル図 (左) と実機 (右)



(a) 4 輪走行形態のモデル図 (左) と実機 (右)

図4 走行切り替え機構を搭載した探索ロボット

内蔵させている。また, Arduino や Raspberry pi を組み合わせて, 遠隔で内部情報やカメラ画像, GPS による位置を確認することが可能である。現在は, 駆動時間と強度の向上と機能面の拡張を図るため新たな試作機の製作を行っている。

<卒業研究>

今後も, 爆発加工に関する研究および小型ボードマイコンを利用したものづくりに関する研究を推進していくため, 本研究室では次の卒業研究テーマを考えている。

- (1) 「金属ジェットを利用した材料合成」
- (2) 「管材の局所増肉・減肉化の技術開発」
- (3) 「走行切替機能を有する探査ロボットの開発」

これらのテーマは一例であり, 配属者の希望等によって変更する可能性がある。

<おわりに>

爆発加工関連の研究の場合では, 基本的に外注することなく自分たちで装置の設計と製作を行い, 実験後にはビデオカメラや光学顕微鏡による観察と画像データを処理する必要がある。また, 他大学と共同研究を行っているため, 他大学へ出向き, 実験を行う必要がある。学外の施設でも爆薬あるいは火薬を用いるため, 本学で半年に 1 度実施する安全保安講習に必ず参加しなければならない。また, 学生自身が火薬類を取り扱うことができるように, 可能ならば, 「甲種火薬類取扱保安責任者免状」を取得することが望ましい。

小型ボードマイコンを利用したものづくりでは, 使用する電子回路が日進月歩で発展している。その発展速度に対応できるように, 各自が自身の役割を理解し, 協調しながら個々で行動することが必要不可欠である。新しい技術がさらに変化していくため, 自主的に行動することを強く望む。

研究室では, コアタイム 10:00~17:00 とし, 毎日, 電子メールによる報告(日報)を義務付けている。配属者各自の日々の出席状況と課題達成状況をまとめ, 評価・成績を判断する。