ＹＡＧレーザによる薄物板金溶接に関する研究

清水　正人[*]　丸山　英彰[**]　三村　和弘[**]　田村　信[**]

A Study on YAG laser welding for sheet metals

SHIMIZU Masato [*],MARUYAMA Hideaki[**], MIMURA Kazuhiro[**] and TAMURA Makoto[**]

抄　　録

ＹＡＧレーザ加工による薄物板金溶接の高度化研究を行った。今まで作業者の経験に頼っていた溶接時の加工条件を視覚的および数値的にデータベース化を行い、溶接時の加工条件の決定が従来の経験に加えて、蓄積されたデータベースを参照して、より適切にできるようにした。また、高精度な溶接システムを構築するための雰囲気装置を開発し、既存のレーザ加工機に付属させて溶接時の雰囲気中のモニタリングを行った。さらに、シールドガス流量と酸素濃度が測定できる計測システムを開発し詳細なデータを取得可能にした。実際の開発製品は、マグネシウム合金製の戦闘機（ブルーインパルス）模型、サッカーボールモニュメント、および医療用、精密機器部品等である。

1.　緒　　言

レーザ溶接は、アーク溶接や抵抗溶接に比較するとレーザビームの集光スポット径が小さくパワー密度が高いため溶接精度が優れている。また、ＹＡＧレーザの波長は１.０６μｍで、炭酸ガスレーザと比較して波長が短く、エネルギー吸収が高く効率の良い溶接ができる。この溶接方法をチタンやステンレス鋼だけでなくマグネシウム合金に応用できれば、今後需要増が見込まれる家電や携帯部品等へ広く適用できる。そこで、現在行っているＹＡＧレーザの溶接において、最適条件の条件出し方法を省みると、作業者の経験に頼っていて多くの工数を必要としているのが実状である。また、最適条件を見つけ出しても溶接条件の解析が煩雑で困難なため、新しい製品を溶接する場合に以前の溶接条件が生かされていない。さらに、大気中で溶接を行っているため溶接不良が発生することがある。そこで、本研究では、フジイコーポレーション㈱と共同で高精度高品質な溶接を実現するため、計測システム付きの雰囲気装置を開発し、現在使用しているレーザ加工機と組み合わせて実験を行いデータベースにまとめた。さらに、開発製品としてサッカーボールモニュメントと戦闘機模型を製作し、精密機器部品等の試作も行った。これらの結果について報告する。

2.　溶接実験およびデータベース

２．１　レーザ加工機について

実験に用いた装置は図１に示す、６軸マニピュレータを取り付けてある、５５０ＷのＹＡＧレーザ加工機（住友重機械工業㈱製）である。この装置を用いて各種の溶接実験を行い、データベースにまとめた。

図１　レーザ加工機

データベースソフトは、将来、社内で事務処理のデータベース化を Microsoft　Access で行う予定なのでこれを採用した。データの

＊　フジイコーポレーション株式会社
＊＊ 研究開発センター

入力方法は、溶接条件、引張試験および写真等を一試料毎にデータ入力するようにし、新しい実験結果を順次付加できるシステムとした。データの参照方法は、最初のメインメニューを立ち上げ、６つの大項目を表示し、その中から１つを選択すると実際の溶接条件や写真等が入力されているデータ画面に移っていくことにした。

２．２　メインメニューについて

メインメニュー画面を図２に示す。メインメニューは、突合せ溶接、コーナー溶接、チタンの雰囲気中での溶接、フィラー供給溶接、すみ肉溶接および除雪機写真の６項目に分けた。

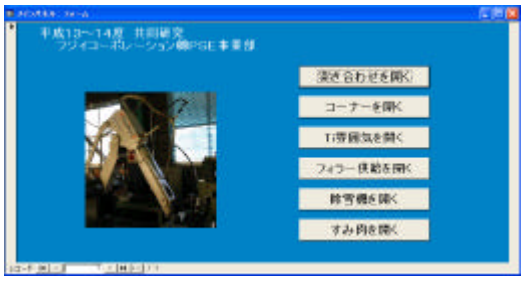


図２　メインメニュー画面

２．３　突合せ溶接について

溶接条件として、溶接ノズルを溶接の進行方向に対して左右に揺動させながら溶接を行うウェービングの有無やレーザ出力等の設定を入力する。また、評価試験結果については、引張試験の最大力、最大応力、破断変位、破断位置および概観写真とマクロ写真を入力できるようにした。突合せ溶接データ画面を図３に示す。現在の登録試料数は６７である。

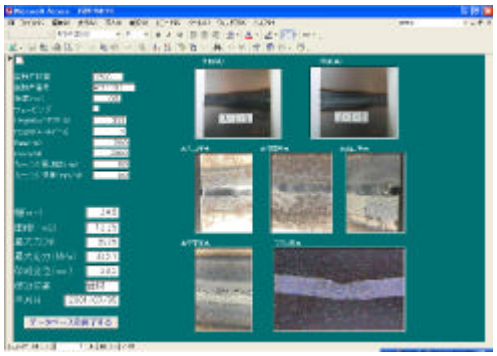


図３　突合せ溶接データ画面

２．４　コーナー溶接について

通常の突合せ溶接試験では、実製品の強度をシミュレートできない場合があるので、除雪機カバーの溶接施工を模した山型の引張試験片を考案した。また、溶接部強度を測定するため溶接部に切欠きを設け、溶接部の破断状態を確認しながら引張試験を行った。この試験片を図４に示し、コーナー溶接データ画面を図５に示す。現在の登録試料数は２３である。

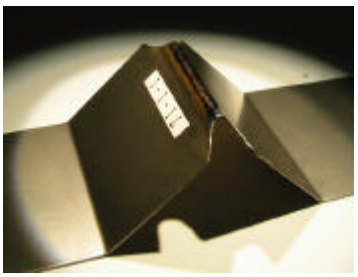


図４　山型引張試験片

図５　コーナー溶接データ画面

２．５　チタン材の不活性ガス雰囲気中での溶接について

不活性ガス雰囲気中で純チタン２種ＴＰ３４０の溶接を行った。雰囲気中の溶接なのでシールドガス流量と雰囲気中の酸素濃度をモニタリングしながら実験を行った。チタンの不活性ガス雰囲気中での溶接データ画面を図６に示す。現在の登録試料数は１２である。

２．６　フィラー供給溶接について

フィラー供給溶接については、パラメータ

としてフィラーのワイヤー径と送り速度が重要になる。フィラー供給溶接のデータ画面を図７に示す。現在の登録試料数は３１である。

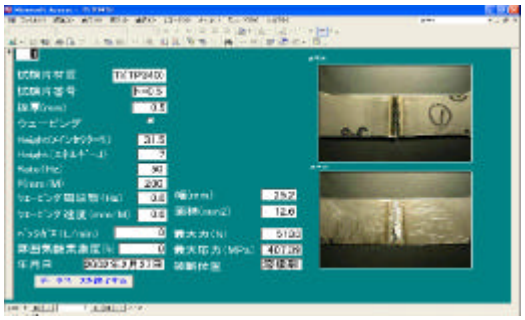


図６　チタンの不活性ガス雰囲気中での溶接のデータ画面

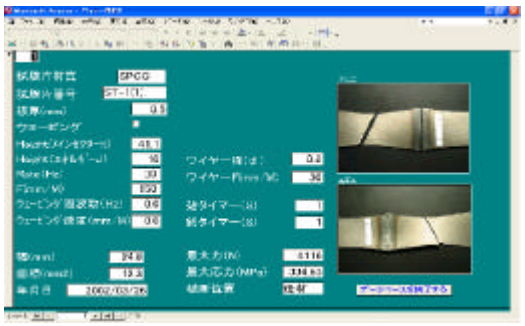


図７　フィラー供給溶接データ画面

２．７　すみ肉溶接について

プレス成形品等を溶接する場合には、すみ肉溶接の必要がある。しかし、すみ肉溶接の強度試験に関しては、形状が複雑なため規定がない。そこで、試験片固定ジグを作製して引張試験を行った。すみ肉引張試験片とジグを図８に示す。

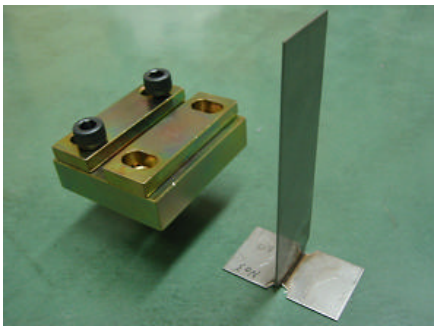


図８　すみ肉引張試験片とジグ

また、引張試験を行うときに、試験片の固定については、溶接部から５mm位の間隔をあけて固定する方法と、および溶接部の際を固定する方法の二通りで実施した。すみ肉溶接のデータ画面を図９に示す。

図９　すみ肉溶接データ画面

２．８　除雪機の写真

コーナー溶接で製作した除雪機カバーの写真を図１０に示す。写真数は１０である。

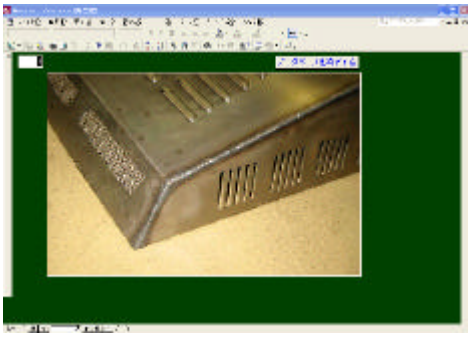


図１０　除雪機の写真

3.　雰囲気装置の開発

３．１　計測システムの概要

大気中での溶接は、溶接中の酸化作用のために、溶接欠陥が生じるおそれがある。そのために不活性ガスによるシールドが必要となる。本研究では、不活性ガス中で溶接を行うための雰囲気炉を製作するとともに、炉内のガス濃度を計測できるシステムを開発した。システムの概要図を図１１に示す。

計測システムは、シールドガス流量と雰囲気炉中の酸素濃度をモニタリングするために、流量計と酸素濃度センサを取り付け、それぞれのアナログ出力値を通信機能付きＤＭＭ（デジタルマルチメータ）を介してパソコンにデータを取り込むようにした。また、流量

計は、ガスの種類によりＨｅガス用とＡｒガス用を交換しながら使用した。ただし、Ａｒガス用は、汎用型なのでN_2も使用できる。センサの入出力を表１に示し、雰囲気炉の外観を図１２に示す。

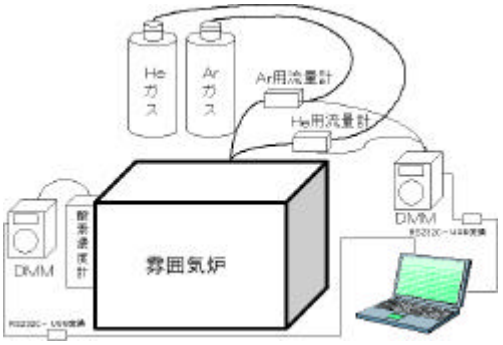


図１１　計測システムの概要図

表１　センサの入出力値

センサ種類	入　　力	出　力
流量計	流量 0~50L/min	0~5V
酸素濃度計	酸素濃度 0~25％	4~20mA

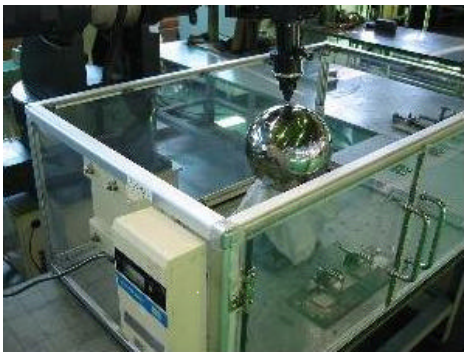


図１２　雰囲気炉の外観

３．２　パソコン側のデータ取得

センサからの出力値をパソコンに取り込んでから、LabVIEW (日本ＮＩ社製)を使用してデータ表示やスケーリングを行った。パソコン上での計測ソフト表示画面を図１３に示す。このソフトは表示画面とダイヤグラムから成り立ち、実際のソースコードはダイヤグラム上で作成する。ダイヤグラムの一部分を図１４に示す。

また、表示画面上からはデータを設定することができ、保存ファイル名、データ取得間隔、データ取得回等を入力する。そして、DMM からのデータ値を取得し、スケーリングしてからグラフ表示をするとともに、パソコンのＨＤに XLS 形式ファイルとしてで保存する。

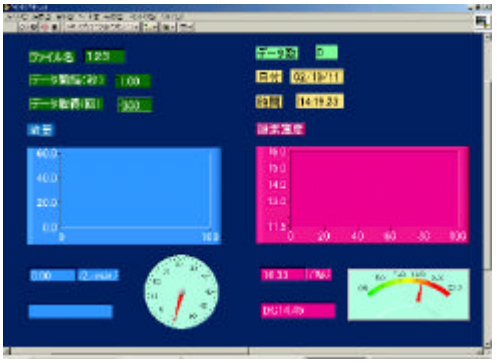


図１３　計測ソフト表示画面

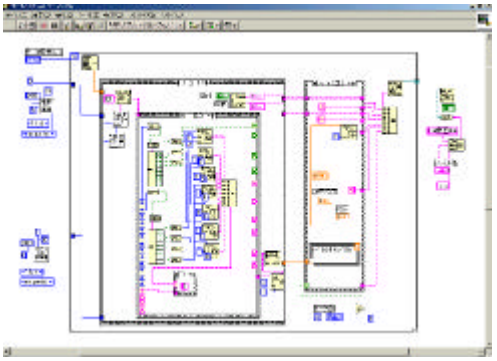


図１４　ダイヤグラム画面

4.　開発製品

フジイコーポレーション㈱は、溶接部門の他に、プレス部門、機械加工部門等も完備しており製品の一貫生産ができる。そこで、他部門と協力しながら実用製品を試作した。

４．１　サッカーボールモニュメント

ステンレス鋼ＳＵＳ３０４、純チタン、マグネシウム合金製のサッカーボールのモニュメントを製作した。これを図１５に示す。

このサッカーボールは、５角形と６角形の

(a)ﾏｸﾞﾈｼｳﾑ合金　(b)純ﾁﾀﾝ製　(c)ｽﾃﾝﾚｽ鋼製

図１５　サッカーボールモニュメント

ピースをプレス加工した後、自社製作したジグを用いて溶接を行った。この溶接ジグを図１６に示す。

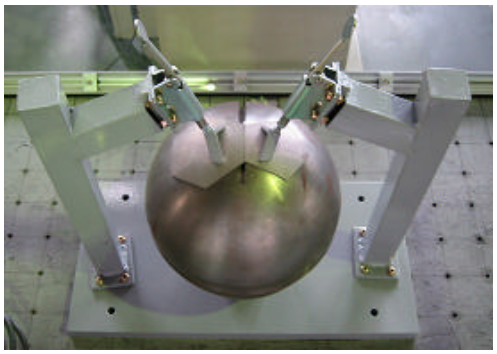
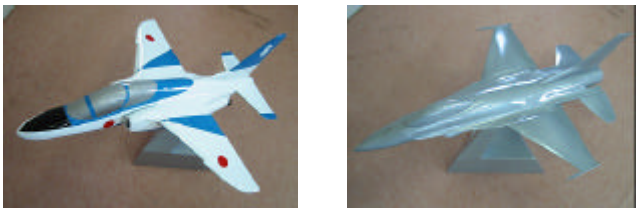


図１６　溶接ジグ

その後の表面処理は、マグネシウム合金製は研磨をなしとし、純チタン製とステンレス鋼製は、エメリー(＃250)研磨の後、サイザル及びバブ研磨を施した。

４．２　戦闘機（ブルーインパルス）模型

マグネシウム合金製の戦闘機（ブルーインパルス）を製作した。これを図１７に示す。



(a)ﾏｸﾞﾈｼｳﾑ合金用塗装　　(b)クリア塗装

図１７　戦闘機（ブルーインパルス)模型

図１８　模型の胴体部

この模型は、プレス加工後に溶接をして塗装を施した。また、プレス加工に関しては、模型全体を胴体部、水平尾翼部、垂直尾翼部、排気ダクト等の７つの部位に分けて、それぞれ金型を製作しており、注文数に応じた量産も可能である。模型の胴体部を図１８に示す。

４．３　その他の製品

その他の製品例として、医療用および精密機器部品の溶接加工依頼があり、溶接箇所や方法等の設計変更を発注先に提案するなど、製品の高品質化を行っている。図１９に医療用部品、図２０に精密機器部品の溶接部を示す。

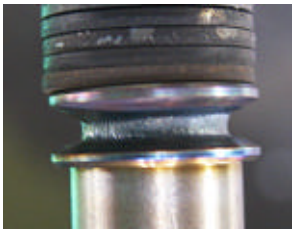


図１９　医療用部品　図２０　精密機器部品

5.　結　　言

（１）　実験結果をデータベース化することで、新しい製品の溶接に対し、溶接条件出しの工数が少なくなり、経験だけでなく、実験データに基づく溶接条件の選定が可能になった。

（２）　溶接中の酸化を防止するため、不活性ガスを充満できる雰囲気炉を製作するとともに、雰囲気中の環境をリアルタイムでモニタリングするシステムを構築し、高品質な溶接に必要な一つの装置を開発した。

（３）各種の実用製品を開発することにより、溶接技術の向上を図ることができた。特に、マグネシウム合金の溶接に関しては、多くのノウハウを蓄積でき、今後の受注増が期待できるようになった。

参考文献

（１）　新井武二、沓名宗春、宮本　勇
「レーザー溶接加工」
マシニスト出版

（２）　川澄博通：「最新レーザ加工技術総覧」(株）産業技術サービスセンター