平成30年度 戦略的基盤技術高度化·連携支援事業 戦略的基盤技術高度化支援事業

「自動車衝突安全規制に適合するステアリングコラムの溶接技術開発」

研究開発成果等報告書

平成31年3月

担当局 近畿経済産業局

補助事業者 公益財団法人滋賀県産業支援プラザ

目 次

第1章 研究開発の概要・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
1-2 研究体制・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 3
(研究組織・管理体制、研究者氏名、協力者)
1-3 成果概要・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 5
1-4 当該研究開発の連絡窓口・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・5
第2章 本論・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
2-1レーザ溶接での高精度トラッキング工法の開発・・・・・・・・・・・・・・・・6
2-2厚板重ね溶接の技術開発・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
2-2-1 歪みの少ない溶接位置及び溶接手順の開発・・・・・・・・・・・・・・・15
2-2-2 溶接治具の温度管理による低歪工法の開発・・・・・・・・・・・・・・・
2-2-3 溶接ビードの余盛り(凸形状)レス化の開発 ・・・・・・・・・・・・・21
2-2-4 溶接ビードを下げる V 溝余盛りレス工法の開発・・・・・・・・・・・23
2-3 一貫連続溶接技術の開発・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・25
最終章 全体総括・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・

第1章 研究開発の概要

1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標 【研究開発の背景】

> 自動車運転時の安全性能を高める上で、自動車衝突事故時の運転手への2次衝突の衝撃値を ステアリングコラム装置の機構で抑える安全装置の開発が、欧米諸国及び日本の自動車メーカ で現在進められている。自動車安全基準は米国の連邦自動車安全基準(FMVSS)、ヨーロッ パ連合では欧州経済共同体基準(ECE基準)で、適合基準が日本より先行して取決められてい る。日本国内においては「フルラップ前面衝突時の乗員保護に係る協定規則(第137号)」が 平成28年6月に改正され、平成30年9月1日に適用されるなど、自動車衝突事故時の運 転者への更なる胸部、腹部の圧迫損傷の低減化を図る規制が厳しくなってきている状況である。 今回の研究開発テーマでは、自動車衝突安全基準に適合し、またコンパクト化構造を可能と するステアリングコラム機構部品(重要保安部品)について、その主要部材である厚板素材 (2mm~8mmの鋼板)における独自の高強度・低歪・高精度を可能とするファイバーレー ザ溶接工法の開発を図る。(図1に1次衝突、2次衝突の状態を示す、図2に電動パワーステ アリング装置構造及びチューブサブ Assy の各部品名称を示す。)







図2 電動パワーステアリング装置構造

【研究目的及び目標】

自動車衝突安全基準に適合し、コンパクト化構造を可能とするステアリングコラム機構部品 は、溶接接合の高強度化・低歪化・高精度化などの高度化が求められている。この高度化目標 を達成するため、溶接強度を上げる高精度トラッキング工法や溶接歪を少なくする溶接手順・ 冷却治具、高精度化するため溶接ビードの余盛レス化、および生産性を向上させる一貫生産技 術の開発を行う。各サブテーマの研究目標は以下の通りである。

- 【1】レーザ溶接での高精度トラッキング工法の開発
 - •溶接軌跡精度 0.01mm 以下
 - 溶接追従精度 0.01mm 以下
 - ・溶接強度 15kN以上(ツースプレート部品・チューブパイプ部品溶接部)
- 【2】厚板重ね溶接の技術開発
- 【2-1】 歪みの少ない溶接位置及び溶接手順の開発
 - 溶接部変形 0.05mm 以下
 - 接合部隙間 0.05mm 以下
- 【2-2】溶接治具の温度管理による低歪工法の開発
 - 溶接部変形 0.05mm 以下
 - ・接合部隙間 0.05mm 以下
- 【2-3】溶接ビードの余盛り(凸形状)レス化の開発 ・溶接余盛部の高さ 0.1mm 以下
- 【2-4】溶接ビードを下げる V 溝余盛りレス工法の開発
 - 溶接部変形 0.05mm 以下
 - 接合部隙間 0.05mm 以下
- 【3】 一貫連続溶接技術の開発
 - •16秒/個の生産タクト

【当初の目的および目標に対しての実施結果】

表1 サブテーマの目標と実績

テーマ:自動車衝突安全規制に適合するステアリングコラムの溶接技術開発			
サブテーマ	目標	実績	
【1】レーザ溶 接での高精度ト ラッキング工法 の開発	 溶接軌跡精度: 0.01mm 以下 溶接追従精度: 0.01mm 以下 溶接強度: 15kN以上 	 ・追従補正精度:0.055mm以下 △ (レーザ径が0.9mmあり、上記補正 精度は実使用上、許容範囲) ・15kN以上 ○)
【2】厚板重ね 溶接の技術開発	 【2-1】 歪みの少ない溶接位置 及び溶接手順の開発 【2-2】溶接治具の冷却効率 向上による低歪工法の開発 ・溶接部変形: 0.05mm 以下 ・接合隙間 : 0.05mm 以下 【2-3】溶接ビードの余盛り (凸形状)レス化の開発 【2-4】溶接ビードを下げる V 溝余盛りレス工法の開発 ・溶接ビード面の凸形状: 0.1mm 以下 	 【2-1】、【2-2】 ・溶接部変形: 0.06mm // ・接合隙間: 0.01mm 以下 () 【2-3】 ・余盛り(凸形状): 0.13mm 以下 // 【2-4】 ・V/U溝加工による余盛抑制 効果を確認 ()) 2 7
【3】 一貫連 続溶接システム 工法の開発	 ・生産性 4 倍以上 (16 秒/個の生産タクト) 	・生産タクト 15.5 秒/個のの	

1-2 研究体制

(研究目標・管理体制、研究者氏名、協力者)

1-2-1 研究組織・管理体制



所属役職:執行役員 技術開発部 部長 所属役職:主査

1-2-2	研究者・協力者	

① 研究者氏名

【間接補助事業者】高橋金属株式会社

氏名	所属部署・役職	実施内容(担当テーマ)
西村清司(PL)	執行役 技術開発部・部長	[1] [2] [3]
藤谷憲治	執行役員 技術営業部・部長	[1] [2] [3]
前田久男	執行役員 製造支援部・部長	[1] [2] [3]
武友新吾	プレス事業部・部長	[1] [2] [3]
清水治彦	プレス事業部 工機課・技師	[1] [2] [3]
北村英之	生産技術課・課長	[1] [2] [3]
板並 英典	品質保証部・課長	[1] [2] [3]
福島利彦	技術営業部 技術営業課・主任	[1] [2] [3]
北村 博志	技術開発部・課長	[1] [2] [3]
村田猛	技術開発部	[1] [2] [3]
河村安太郎	技術開発部	[1] [2] [3]
柴田 弘治	技術開発部	[1] [2] [3]

【間接補助事業者】滋賀県東北部工業技術センター

氏名	所属部署・役職	実施内容(担当テーマ)
安田 吉伸(SL)	金属材料係・主査	[1] [2]
酒井 一昭	金属材料係・主任主査	[1] [2]

【間接補助事業者】 滋賀県 工業技術総合センター

氏名	所属部署・役職	実施内容(担当テーマ)
今道 高志	電子システム係・主任専門員	[1] [2]

2 事業管理機関

【間接補助事業者】公益財団法人滋賀県産業支援プラザ

氏名	所属部署・役職	実施内容
田中勝晴	連携推進部 部長	プロジェクトの進捗把握・管理、指導業務
篠原 弘美	連携推進部副部長	プロジェクトの進捗把握・管理、指導業務
福井 浩成	連携推進部 ものづくり支援課 課長	プロジェクトの進捗把握・管理、指導業務
山本博之	連携推進部 ものづくり支援課 参与	プロジェクトの進捗把握・管理、指導業務
加藤 芳一	連携推進部 ものづくり支援課 サポイン事業推進 コーディネートスタッフ	プロジェクトの進捗把握・管理、指導業 務、間接補助事業先との連絡調整業務

③ 協力者

氏	名	所属部署・役職	実施内容
片山	聖二	国立大学法人大阪大学・名誉 教授	溶接接合技術について理論的及び学術的 アドバイス
西本	浩司	阿南工業高等専門学校・准教 授	溶接接合技術について溶接接合における 実験計画及び検証におけるアドバイス
蓬郷	泰宏	株式会社ジェイテクト要素開 発部第3室・室長	ステアリングコラムの機能及び安全評価 の川下産業としてアドバイス

1-3 成果概要

レーザ溶接におけるシームトラッキング追従精度は、レーザの照射位置と溶接するワーク位 置のズレ量を最大 1.5 mmに設定した場合、溶接位置 0.055 mmまで追従補正を行う事ができた。 レーザ共付け溶接での直線軌跡における重ね溶接の引張強度は、レーザ出力 2.0kW、溶接 速度 2.5m/min、溶接長さ8mm 以上で、溶接部強度の目標値 15kN 以上を満足することが 分かった。チューブ部品とツースプレート部品でのヘリ溶接引張強度も、左右各溶接長さを 10mm 以上の溶接距離でレーザ出力 1.5kW~2.8kW、溶接速度 2.5m/分で 18~20kN と なり、チューブサブAssyの接合強度の目標値 15kN 以上を満足することが分かった。

ツースプレート部品の溶接後における歪変形は、断続溶接や溶接軌跡を工夫することで変形 量が 0.06mm と目標値 0.05mm 以下をほぼ達成する事ができた。

重ね溶接における溶接ビードの余盛り(凸形状)は、レーザ出力のスロープ制御を行うこと や、1 回目の本付け溶接後に焦点位置を上げてレーザスポット径を4倍程度にひろげレーザ光 を再度照射する仕上げ溶接を行うことで、余盛高さを 0.15mm 以下に低減できることが分 かった。

溶接ビードの余盛を下げるため部品表面に V 溝を設け、溝内を溶接する方法については、溶 接ビード面の盛り上がり量を見込んだ溝深さを設定する事で可能となる事が分った。

ー貫連続溶接技術の開発では 2 ラインの一貫溶接システムを開発した。このシステムは 2 カ所のワーク位置決め装置で位置決めされたワークをオンザフライ工法を用いて移動しながら レーザ溶接を行う。一方の溶接を行っている間に他方でワークの位置決めを済ませておくこと により溶接加工時の待ち時間を削減したシステムとなっている。また、レーザ溶接位置につい てはオンザフライ溶接に対応できるシームトラッキング工法によりレーザ照射位置を検出し レーザ溶接位置補正を図り溶接を行う事で、溶接位置ずれが無く溶接強度が保証できる装置と なっており、最適な加工条件を組込んだ一貫連続溶接技術の開発により、目標値の生産タクト 時間 16 秒/個以下を達成することが出来た。

1-4 当該研究開発の連絡窓口

【事業管理機関】

公益財団法人滋賀県産業支援プラザ ものづくり支援課 参与 山本 博之 TEL 077-511-1414 FAX 077-511-1418 e-mail:h-yamamoto@shigaplaza.or.jp 〒520-0806 大津市打出浜2番1号コラボしが21内 【法認定機関】 髙橋金属株式会社

執行役員 技術開発部 部長 西村 清司 TEL 0749-72-4820 FAX 0749-72-3131 e-mail :k-nisimura@takahasi-k.co.jp 〒526-0105 滋賀県長浜市細江町864-4

第2章 本論

2-1 レーザ溶接での高精度トラッキング工法の開発

①シームトラッキング装置(OCT 方式)で検出できる範囲について

今回導入したシームトラッキング装置は OCT(光干渉断層計測)方式で溶接位置の少し前 方の対象物(断面)形状を光干渉により距離計測で求め、その形状から溶接位置を算出し、溶 接位置のズレを補正するものである。(図3)



図3 シームトラッキング装置(OCT 方式)

溶接ジョイント検出の標準アルゴリズムは、突合せ継手、重ね継手、T 継手の3 種類である。(図4)



図4 標準アルゴリズム

今回、新たに下記2種類のチューブサブAssy形状に適合するアルゴリズムを開発した (図5)。これでワークの傾きや Z 軸方向の高さによりどれだけ検出・追従できるのか検証 を行った。



図5 チューブサブ Assy 用 アルゴリズム

シームトラッキング装置(OCT 方式)のツースプレート側とブラケット側の溶接位置検 出(算出)が出来る条件を検証する。

なお、メーカ推奨角度は、ツースプレート側 0°~20°、ブラケット側 5°~30°である。

1) 実験方法

図6に検証の概要図、図7に状況写真を示す。照射角度をツースプレート側はチューブ方向に角度をとり、ブラケット側は反チューブ方向に取った。

ガルバノスキャナヘッドの Z 軸方向の照射可能範囲は、Z=Omm を基準に±100mm である。距離が短くなる方向を+側とした。

なお、断面検出ラインは 12mm 近く取れるが、ツースプレート部品の様な細かく入り組んだ形状では検出ラインが複雑形状ラインとなり溶接位置を算出することが出来なかった。 このため、溶接位置から前方 2mm の所の断面検出ラインを長さ 2.5mm だけデータとして 取り込む様に設定した。



2)実験時の合否判定方法

溶接位置検出(算出)の合否判定は、レスミュラーシームトラッキング装置(OCT)の検 出画像(図8、図10)から溶接位置の検出(算出)が表示されたら「可」、検出できな かったら「否」とする。

図9にツースプレート側の溶接位置の検出(算出)方式を、図11のブラケット側の溶接 位置の検出(算出)方式を示す。

- 3)実験結果
 - a) ツースプレート側の検証結果を図12に示す。
 - •Z軸=Ommでは照射角度O°~25°において溶接位置が検出できることが分った。
 - Z 軸を-50mm まで下げると照射角 20°以上では検出しなくなる。これは反射光量が少なくなるためと考えられる。
 - Z 軸を+90mm まで上げると照射角 25°では検出できなくなる。

図12 ツースプレート側の検証結果

- b) ブラケット側の検証結果を図13に示す。
 - Z 軸=Omm では照射角度 10°~25°の範囲しか溶接位置が検出できないことが分った。
 - Z 軸を-50mm まで下げると照射角 15°以上では検出できなくなる。
 - Z 軸を+50mm まで上げると照射角 15°以上では検出できなくなる。

これらは、ブラケット面とチューブ面が共に急勾配であり、反射光量が少ないためと考え られる。

c)まとめ

- ・ツースプレート部品側はシームトラッキング装置が広い範囲で使えるが、ブラケット部品側 はツースプレート側に比べ狭い範囲しか使えないことが分った。
- ・オンザフライ溶接工法でシームトラッキングを用いる場合、ブラケット部の溶接には特に注 意する必要がある。

②シームトラッキング装置(OCT 方式)の追従精度の検証

OCT 方式のシームトラッキング装置を用いて実際のワークの位置をずらして溶接し、ど の程度の追従精度で溶接位置補正ができるか調査した。

- 1) 実験条件
 - 図14に実験条件概要図を示す。
 - 6kWファイバーレーザ溶接システム
 - ・レーザ出力 ЗkW
 - 溶接速度 2.5m/分
 - ・シールドガス 無し
 - プルームカッター SAPH t 2.6 材端面から 30 mm前方にて レーザ照射角度 ツースプレートは0°(垂直)
 - ブラケットは12°
 - •Z軸=Omm
 - レーザ照射径 Φ0.9mm (ジャストフォーカス)
 - レーザヘッド:
 - ブラックバード製ガルバノスキャナヘッド
- 図14 実験条件概要図

プルーム

カッター

SPHC

t 2、3

ガルバノ

スキャナー

SAPH440

試料の 移動方向

t 2.6

- シームトラッキング装置: レスミュラー製 OCT シームトラッキング装置 トラッキングアルゴリズム:チューブ/プレートおよびチューブ/ブラケット
- 実験試料

ツースプレート部品とチューブ部品を模したテストピースを用いた。なおブラケット側 についてはチューブ部品とブラケット部品とも実物を用いた。

- 2) 実験結果
 - a)ツースプレート側の実験結果

ツースプレート側用のシームトラキング装置による溶接位置補正プログラムを用い、試料の位置を0.5mm単位で1.5mmまで変えたときの溶接位置の追従精度を検証した。 図15に試料をツースプレート側(2.6mm側)へ0.5mmづつ移動させた時の溶接部 溶込み写真と写真から求めた補正精度を示す。図16はこれをグラフにしたものである。 図17は、検証時の試料移動方向で、図18はトラッキング検出状態の結果を示す。

- ・溶接の狙い位置(プログラムの位置)に対し、試料の位置を横に 1.5 mmのずらせてもその 分だけ溶接位置は補正され、補正精度は 0.055 mmと非常に正確で、誤差は 3%だった。
- ・試料移動量(ズラシ量)が大きくなるにしたがって、補正精度も悪くなる傾向にある。
- ・今回のブラックバード製ガルバノスキャナヘッドのレーザ径はΦ0.9 mmであり、横ずれ 1.5mmで補正精度が0.055mmとなり、レーザ径比5.5/90と非常に少なく溶接に 全く影響がないと考える。
- OCT 方式のシームトラッキング装置を用いると、溶接位置が 1.5 mm ずれても 0.055 mmの 精度で溶接できることが分った。

【///開版】

b) ブラケット側の実験結果

接合長さ

トラッキング結度

ブラケット側用のシームトラキング装置による溶接位置補正プログラムを用い、ブラ ケットがセットされたチューブを 0.5°単位で 1.5°まで変えたときの溶接位置の追従精 度を検証した。

図19にチューブを反時計方向へ 0.5°づつ回転させた時の溶接部溶込み写真と写真か ら求めた補正精度を示す。図21はこれをグラフにしたものである。図20に検証時の試 料移動方向を示す。

- 溶接の狙い位置(プログラムの位置)に対し、チューブを反時計方向に 1.5°回転させ てもその分だけ溶接位置は補正され、補正精度は 0.09 mと非常に正確であった。
- ・チューブの回転量が大きくなるにしたがって、補正精度も悪くなる傾向にある。
- ・今回のブラックバード製ガルバノスキャナヘッドのレーザ径はΦ0.9 mmであり、回転ず れ 1.5°で補正精度が 0.09mmとなり、レーザ径比9/90と非常に少なく全く問題な いと考える。
- ・OCT 方式のシームトラッキング装置を用いると、溶接位置が 1.5°回転ずれしてもて も0.09㎜の精度で溶接できることが分った。

接合長さ

トラッキング結度

3.08

溶接位置 2 98 トラッキング精度

ブラケット側の溶接部溶込み写真および補正精度 図19

接合長さ

トラッキング結度

- - ④ 各種レーザスポット重ね溶接での溶接強度検証
- 図22にツースプレート部品の溶接指定位置を示す、各種レーザスポット溶接を3ヶ所行 い、引張強度試験を行い溶接強度を検証した。

1) 実験条件

レーザ加エヘッドガルバノスキャナヘッド(リモート溶接ヘッド)部材1材質:SAPH440板厚:2mm(上部材料)部材2材質:SPHC板厚:2.3mm(下部材料)部材の重ね形状と溶接位置(図23)

図23 重ね溶接試験片溶接位置

- 2)溶接条件
 - ・出力、速度

パターン①	スクリュー	ーウェルディ	ング(等ピッチ)形状	¢4mm、¢6mm
			レーザ出力:1.52kW	溶接速度 1m/min
パターン(2)	丸形状	(R3mm)		
			レーザ出力:3.04kW	溶接速度 3m/min
パターン③	長丸形状	(R2mm	、R ピッチ間距離 2m	m)
			レーザ出力:2.56kW	溶接速度 1.5m/min
パターン④	長丸形状	(R2mm	、Rピッチ間距離10r	mm/14mm)
			レーザ出力:2.56kW	溶接速度:1.5m/min

- ・シールドガス無し
- ・プルームカッター有り 風量 12m/s
- ・レーザスポット径 0.55mm
- ・ジャストフォーカス
- ・溶接手順 A部→B部→C部と順に行う
- 3) 引張試験結果

図24に、各種レーザスポット軌跡の種類ごとに引張試験にて得られた最大荷重及びレーザ 溶接長さ1mm 当たりの最大荷重を示す。

- スクリューウェルディング溶接工法を除き、各軌跡のレーザ溶接長さ 1mm 当たりの最大荷重は、0.44kN~0.55kN である。溶接強度はレーザ溶接長さに比例し、長い溶接を行うことで最大荷重が増える。
- ・レーザスポット溶接は、溶接面積や溶接距離に比例しており、長丸形状 R2mm×R ピッチ 間距離 14mm(パターン④右)が、1 個で最大荷重 17.8 kN とツースプレートの溶接強度 の目標値 15 kN 以上を満足することが分かった。

図24 重ね溶接の引張試験結果

⑤ 直線ヘリ溶接の溶接強度検証

ツースプレート部品とチューブパイプ部品のヘリ溶接において、基礎実験にて得られた引 張強度 0.4kN/mm から、引張荷重が目標値の 15kN以上となる溶接長さを計算し、溶接歪 みを最小するためレーザ出力 1.5kW と 2kW を用い、溶接速度 2.5m/min、溶接長さ 6mm~10mm とした時の、引張試験における最大荷重が 15kN となる溶接条件を検証し た。(図 25に引張試験片を示す)

- 1) 実験条件
 - i)試験材料

※側面はフライス加工にて均一化した。

- 図25 ヘリ溶接の引張試験片
- ii) 溶接条件

・レーザ加エヘッド	ガルバノスキャナー溶接ヘッド
・レーザ溶接条件	レーザ出力 1.5kW、2.0kW
	速度 2.5m/min、シールドガス無し
 溶接長さ 	6mm~10mm
・レーザスポット径	φ0.55mm(ジャストフォーカス)
・プルームカッター	ヘッド標準品(45°)
・スロープ	無し
• 試料設置条件	バイスに挟んでクランプと位置決め
• 溶接姿勢	面直

2) 引張試験結果(図26)

図26にヘリ溶接におけるレーザ出力・溶接長さと引張最大荷重を示す。 15kN以上の最大荷重が得られる条件については、レーザ出力 1.5kW、速度 2.5m/minの設定では溶接長さ10mm以上、レーザ出力 2.0kW、速度 2.5m/minの設 定では、溶接長さ8mm以上が必要であることがわかった。

図26 重ね溶接におけるレーザ出力・溶接長さと引張最大荷重

⑤ヘリ溶接の引張強度

1) 実験方法

2枚の板を重ね側面突合せ部を狙ったヘリ溶接の引張強度を検証した。 材料側面の左右に溶接距離 10mm のヘリ溶接(図27)を行った。また、レーザ出力の影響も検証した。

- 2) 実験条件
 - ・材質、板厚

```
上側部材 SAPH440 t2.6×幅20mm 下側部材 SPHC t2.3×幅20mm
```


- ・加エヘッド ガルバノスキャナ溶接ヘッド
- 連続溶接

```
    レーザ出力
    1.0kW、1.5kW、2.0kW、2.5kW、2.8kW
    溶接速度
    2.5m/min、シールドガス無し
    レーザスポット径
    Ø0.55mm(ジャストフォーカス)
```

3) 引張試験結果

図28にレーザ出力を変えてヘリ溶接(溶接距離左右 10mm)した各試験片の引張荷重を示す。

・ヘリ溶接の溶接距離左右 10mm では、レーザ出力 1.5kW~2.8kW で母材破断し、最大 引張荷重は 18kN~20kN となっており、ツースプレートの溶接強度の目標値 15kN 以上を達成した。

引張荷重(kN) ヘリ溶接におけるレーザ出力と引張荷重

2-2 厚板重ね溶接の技術開発

2-2-1 歪みの少ない溶接位置及び溶接手順の開発

① 重ね溶接におけるツースプレート部品の平面度

ツースプレート部品の溶接時における変形(膨らみ、そり)の低減方法の検証を行った結果 を図29に示す。

重ね溶接では平面度は 0.08mmとなり目標値の 0.1mm 以下に対し目標を達成できた。

平面度目標値	0.1mm以下		
測定結果	0.08mm(良)		

図29 重ね溶接におけるツースプレート面の平面度結果

②重ね溶接におけるツースプレート部品押え方法の違いによる平面度の検証

ツースプレート部品を重ね溶接時、ツースプレート部品の押え力と押え範囲を変えた条件の違いにより、溶接後の平面度に違いがあるか検証した。

1) 実験方法

図30に示す従来でのクランプ方法は、重ね溶接1では、重ね溶接のレーザ照射部となる ツースプレート部品の両サイド部7.5 mmを全面逃がしてギヤ部のみ50kgfの荷重でクランプ し、重ね溶接2では、クランプの押え板を、レーザ照射部以外のクランプ可能な個所も押えら れるようクランプ板を広げ、押え力を2倍の100kgfの荷重でクランプした。

- 2)実験条件
 - 1)材質、板厚 : SAPH440 t2.6、STKM t2.3
 - 2)レーザ出力
 3kW、
 - 3) 速度 :2.5m/min
 - 4)シールドガス :なし
 - 5)スポット径 : *ϕ* 0.55 mm
- 3)実験結果

図31に平面度の測定結果を示す。重ね溶接1の押え方法の結果では、平面度は 0.08mm であったが、重ね溶接2の押え方法の結果では、平面度が 0.06mm となった。 押え板の形状をツースプレート全体に押さえる構造にし、押え力を 100kgfとする事 で平面度 0.02mm低減が図れた。

図31 重ね溶接におけるツースプレート押さえの種類による平面度への影響

③重ね溶接における溶接軌跡と変形量について

ツースプレート部品とチューブパイプ部品との重ね溶接を断続溶接(77mm)と連続溶接 (190 mm)の2 種類の軌跡で行い、また同じ軌跡で熱解析を行い、溶接後のツースプレート部品の変形量を比較した。

1) 実験方法

重ね溶接傾斜治具にチューブパイプ部品とツースプレート部品をセットし、3Dガルバ ノスキャナー溶接ヘッドを用いて重ね溶接を行った。図32に重ね溶接でのレーザ軌跡を 示す。

- 2) 溶接条件
 - 1)材質、板厚 : SAPH440 t2.6、STKM t2.3
 - 2) 溶接条件 : レーザ出力3kW、速度2.5m/min
 - 3)溶接軌跡
 :図32に示す
 - 4)シールドガス :なし
 - 5)スポット径 : *ϕ* 0.55 mm
- 3) レーザ軌跡

図32 重ね溶接における溶接軌跡の違い

5) 実験結果

図33に溶接軌跡の違いによる変形量の比較を示す。連続溶接では、0.07mm~ 0.16mmの変形量が発生したが、断続溶接では、0.03mm~0.07mmと低く、目標値の0.1mm以下を達成した。これは連続溶接では、溶接軌跡長さが断続溶接に比べ2倍以上の長さとなり、入熱時間も同様に増すため、溶接後の変形量が多くなったと考えられる。

④ヘリ溶接における熱解析と実験

ヘリ溶接時の軌跡長さの違いによる平面度への影響を熱解析と実験で検証した。

1)実験方法

チューブパイプ部品にツースプレート部品をヘリ溶接し場合において、溶接軌跡を 70 mm 連続溶接と 10 mmを 3 か所溶接する軌跡、および 10 mm 1 ヶ所と 5 mm 2 ヶ所(以下10 mm+5mm と示す)を溶接する軌跡の 3 種類の溶接において、平面度の変形量について 比較検証した。

- 2) 実験条件
 - 1)材質、板厚 : SAPH440 t2.6、STKM t2.3
 - 2) レーザ出力 : 3 kW、スポット径 0.55mm
 - 3) 速度 : 2.5m/min
 - 4)シールドガス :なし
 - 5)スポット径 : *ϕ* 0.55 mm
- 3)実験結果

図34に溶接後のツースプレート部品表面の平面度を示す。実際の溶接での変形による歪は、70mm 連続溶接では、0.18mm となり、10mm+5mm の溶接では 0.03mm であった。このことから、溶接長さ及び出力に比例して増大することが分かった。

図34 レーザヘリ溶接の溶接長さと平面度

2-2-2溶接治具の温度管理による低歪工法の開発

①溶接治具の温度管理による溶接歪の検証

レーザ溶接(共付け)において、溶接治具の冷却条件を変えた場合、溶接歪に違いがある か検証を行った。

- 1) 実験条件
 - 実験材料

・材質:SUS304 板厚6mm サイズ100mm×40mm

- 溶接条件
 - ・加エヘッド レーザックス溶接ヘッド、スポット径0.6mm
 - ・出力 6kW、4kW、2kW ・速度 6m/min
 - 溶接長さ 100mm CW溶接
 - ・シールドガス 同軸ノズル 40L/min
 - ・プルームカッター 無し
- 治具冷却条件
 - ・冷却治具 図35の治具図面参照 材質クロム銅
 - ・ 強制冷却 板押え板の内側の2か所に28℃水道水循環
 - ・循環ポンプ 吐出量 750L/H(揚程50m)
 - ・遮熱シートの高さを均一にするため1mmの鉄板の上に溶接試料を並べた。

2)比較に用いた冷却条件(図36)

①遮熱シートの影響

冷却治具と鉄板に乗せた試料との間に断熱シートを挟み治具に伝わる熱を遮断。 ②クロム銅による冷却効果

クロム銅製冷却治具に試料を直接接触。

③板押え板の冷却効果

冷却治具に試料が直接接した状態で、上部の板押えに冷却水を循環させる。

①遮熱シートの影響

②クロム銅による冷却効果

③板押え板の冷却効果

図36 溶接時の熱影響の検証に用いた試料保持条件

- 3)実験結果(図37、38)
 - ・遮熱シートを用いた場合の歪量が少なく、クロム銅板で 直接挟んだ場合の歪量が最も多い。
 - ・6 k wでは、板押えを冷却した場合の歪量は、銅板で 挟んだ場合の歪量より少ない

図38 試料保持条件およびレーザ出力と歪量

- 4)考察
 - ・遮熱シートを用いたことにより、通常治具から逃げている熱が逃げにくくなり、試料内部 に熱が拡散し、試料上部と下部の温度差(熱量の差)が小さくなったことにより、溶接歪 が小さくなったと考えられる。なお、レーザ出力が大きいと温度差(熱量の差)も大きく 歪みも大きくなる。
 - ・冷却治具に溶接試料が直接接している場合、試料の熱は治具に逃げて冷却される。通常は ベース部材は鉄製であるが今回は熱伝導率が10倍大きいクロム銅を用いており、冷却効 果は大きい。(熱伝導率W/mK ダイス鋼30 クロム銅300、ステンレス鋼16)

そのため、溶接試料の下部が大きく冷却され、上部と下部との温度差(熱量の差)が大 きく歪量が大きくなったと考えられる。

冷却治具の板押えもクロム銅であるが、溶接位置から左右に10mm離れており、冷却効果が試料下部に比べ少ない。この板押さえに水道水を循環させ冷やすことにより、試料上部

の冷却効果は大きくなる。レーザ出力6kWにおいて歪みが少なくなったのはこのためと 考えられる。

 これらのことより、冷却治具による効果は大きく、どこを冷却しどこを遮熱(加熱)する かが歪量に大きく影響与えることが分かった。

②溶接時の試料片における温度測定

レーザ溶接時の溶接による変形が発生する温度について検証するため、溶接時の温度測 定方法の検討を行った。

1) 実験方法

図39に示すように試料片を遮熱シートまたは銅板で挟み溶接を行った。温度測定には、 白金-白金合金の熱電対を用い、溶接部の1mm横の温度を測定した。熱電対をあらかじめ レーザ溶接を用いて試料片に固定し、その後、溶接実験を行った。

2) 実験条件

1)材質、板厚	: SUS304 t6
2)溶接奇跡	:95㎜(直線奇跡)
3)レーザ出力	:3kW
4)速度	:1m/min
5)シールドガス	: 30L/min
6)スポット径	$\phi 0.6$ mm

3)実験結果

図39に温度測定結果を示し、溶接時の温度変化をとらえるため温度測定を行った。銅材で挟む条件と遮熱シートで挟む条件では、温度変化曲線が異なることが分かった。特に 40秒後の温度は、銅材が60℃であるが、遮熱シートでは110°と保温効果が見られ た。溶接後の歪も遮断シートの方が0.1mm少なかった。

図39 溶接時の温度測定結果

図40に溶接時の試料表側と裏側の温度測定を実施した状況と測定で得られた結果を示す。 裏側の温度は、表側の温度に比べ450℃低いことが分かった。

図40 溶接時の試料表側と裏側の温度測定結果

2-2-3 溶接ビードの余盛り(凸形状)レス化の開発

図41に直線重ね溶接の表ビード写真と表ビード上面の形状曲線(赤色)を示す。 直線重ね溶接は、溶接が重なることは無いため表面が大きく荒れることは無いが、溶接ビー ド表面に、溶接開始部に余盛 0.48mm と溶接終了部にクレーター0.58mm 発生している。 これは、溶接開始時のキーホール成形時に融液が表面にあふれてそのまま表面が疑固するた め余盛として現れる。また溶接終了時のキーホールが閉じる際に新たな融液が供給されない 為、キーホール形状がそのまま残りクレーターとして現れるものと考える。

図41 直線重ね溶接における表ビード写真と形状曲線

①レーザ出力傾斜制御(スロープ制御)による余盛高さの検証

重ね溶接では溶接始点に余盛(凸形状)が発生する。余盛高さの目標O.1mm以下を達成す る為、出力によるスロープ制御を用い溶接後の余盛高さが低くなるか検証した。

1)実験方法

図42に示すレーザ出力傾斜制御の傾斜制御長さを変更し、余盛高さ0.1mmとなる条件 を検証した。

2) 実験条件

本溶接条件

- 1)材質、板厚 : SAPH440 t2.6、SPHC t2.3
- 2) 加エヘッド : 3Dガルバノスキャナ溶接ヘッド
- 3)溶接軌跡 : 直線軌跡
- 4) レーザ溶接条件 : レーザ出力2.8kW
- 5) 速度 :2.5m/min
- 6)シールドガス : 無し
- 7)スポット径 : Ø0.55mm(ジャストフォーカス)
- ・スロープ条件
 - 1)スロープ距離 :15mm
 - 2) レーザ溶接条件 : 初期出力0.75kW 速度3m/min、シールドガス無
- 3)スポット径 : *ϕ* 1.0mm~*ϕ* 2.0mm(デフォーカス)
- 3)実験結果

図42に示すレーザ出力傾斜制御(スロープ制御)を行った。その結果、対策前の余盛 高さは0.48mm、凹み0.58mm発生しているが、レーザ出力傾斜制御を9mm以上かける ことで余盛高さ0.15mm凹み0.1mmになった。

傾斜制御無し

傾斜制御15mm

図42 重ね溶接におけるレーザ出力傾斜制御の有無と余盛高さと凹み量

②直線溶接後の仕上げ溶接工法検証

上記のレーザ出力傾斜制御(スロープ制御)では、溶接長さが長くなり、入熱範囲が広く なり歪量が大きくなる事から、溶接後に溶接ビードの表面を溶融し、余盛部分を滑らかに 溶かす仕上げ溶接が出来ないか検証を行った。

- 1) 実験条件
 - •本溶接
 - 1)材質、板厚 : SAPH440 t2.6、SPHC t2.3
 - 2)溶接軌跡 : 直線軌跡 10mm
 - 3)出力 :4kW
 - 4) 速度 :2.5m/min
 - 5) スポット径 : ϕ 0.9mm(ジャストフォーカス)

・ 仕上げ 溶接

- 1)出力 :2.5kW
- 2) 速度 :3.0m/min
- 3)フォーカス : スポット径 *ϕ* 2.66mm (デフォーカス)
- 4) スロープ : 距離7mm 初期出力0.4kW 速度3m/min

2)実験結果

実験結果を図43に示す。本溶接のみの場合は余盛が0.48mm出たが、その後に仕上げ 溶接を追加すると余盛は0.13mmに低下した。仕上げ溶接により余盛が低くなることがわ かった。また、溶接終了部の凹みも0.58mmが0.31mmに低下することがわかった。

図43 重ね溶接における仕上げ溶接の有無と余盛高さと凹み量

2-2-4 溶接ビードを下げる V 溝余盛りレス工法の開発

 重ね溶接における凹まし量と試料上面の盛り上がり高さの検証 試料表面を切削加工にて図44に示すようにV溝とU溝に凹まし加工した試料を用いて、レー ザ重ね溶接を行い、試料表面に余盛が出ないか検証する。

1) 実験条件

溶接条件

- ・加エヘッド
 - ガルバノスキャナ溶接ヘッド(YE-DATA)
- スポット径*φ*0.55mm
- ・出力 3.0kW ・速度 2.5m/min
- ・プルームカッター 有

- ・シールドガス なし
- ・溶接基準 凹まし形状の中心
- ・溶接 10mm+クレータ処理 5mm の出力スロープ制御(溶接終点部)
- ・凹まし形状

①V溝形状(V形エンドミル加工)

②U 溝形状(ボールエンドミル加工)

図44 V 溝とU 溝の加工形状

2) 実験結果

表2および図45に各溝における溶接後の余盛高さを示す。

V溝・U溝形状内をレーザ溶接する事で余盛部がツースプレート部品の上面から出る事の 無い溶接条件を設定する事ができた。プレス加工により溝加工を行う場合には凹み量が少 ない方が変形も少なくなるため、今回の実験から、V溝加工で深さ 0.5 mmの設定が良いと 考える。

- ・V 溝/U 溝加工を行うと余盛は、試料上面には出ないことが分かった。
- U 溝は V 溝に比べ溝加工深さが 0.5mm 深いため、余盛高さも 0.5mm 低くなる傾向にある。
- 溝長さ 14mm と 20mm の違いによる影響は、溶接始点ではともに溝中から開始する ことから溝内に余盛が 0.3mm 程度発生し、同様の結果となった。
- 溶接終点は、14mm ではスロープ部が溝終点にかかっているが、表面から盛り上がる ことはない。
- ・20mmでは、溝中で溶接が終了し、表面に盛り上がりはない。
- 溶接後の余盛高さは、通常の溶接同様に 0.3mm 程度の余盛が発生していることから、 溶接される表面の形状が余盛高さに影響しないのではないかと考えられる。
 このことから溶接長さより溝を長くすると余盛は発生しないことが分かった。

		V 溝長さ 14mm	V 溝長さ 20mm	U 溝長さ 14mm	U 溝長さ 20mm	溝無し
余盛高さ	最大値	-0.17	-0.12	-0.45	-0.6	0.37
	最小値	-0.5	-0.75	-0.89	-1.29	-0.27

表2 各溝における溶接後の余盛高さ

2-3 一貫連続溶接技術の開発

図46に設計製作したー貫連続溶接システムの図面と写真及び回転部詳細を示す。

- ① 一貫連続溶接システムの主な仕様
- ・ワーク投入搬送ラインは、タイムサイクルを短縮するため2ラインとした。
- ワーク搬送は、ワークの姿勢や位置が崩れないようにウォーキングビームによるタクト送りとした。
- ワーク回転装置はウォーキングビームでワークを受けローラに乗せ、上から回転駆動する押 さえロールで挟み、搬送姿勢を保ったまま回転するようにした。

- ・ロボットのハンドに設置したガルバノスキャンヘッドが2つのラインの溶接位置の上を移動
 中に溶接するオンザフライ方式を採用し、溶接ズレを補正するためシームトラッキング装置
 を併用した。
- ・レーザ光が漏れて作業者に当たらないよう、遮蔽壁で囲まれたレーザ溶接作業室と外部の作 業者との間に遮光用カバーを設置した。
- ・ワークの戻りラインはローラコンベアーで行った。

図46 一貫連続溶接システムの図面と写真及び回転部詳細

②一貫連続溶接システムのサイクルタイム削減

ー貫連続溶接システムの時間短縮を行うため、上記の研究成果をもとに以下の対策を行った。 その結果、サイクルタイム 15.5 秒と目標の 16 秒以下を達成することが出来た。

1)直射ヘッド方式からガルバノスキャナヘッド方式へ(図47)

直射ヘッドを用いる場合、ある箇所の溶接が終了後、次の箇所に直射ヘッドを移動させる 時間が必要になる。しかしガルバノスキャナヘッドを用いることにより、溶接箇所の移動は 時間のロスなく行えるため、溶接時間を短縮することが出来る。

図47 直射ヘッド方式とガルバノスキャナヘッド方式の移動時間の違い

2)オンザフライ方式の採用(図48)

ガルバノスキャナヘッドを位置決めしてから溶接を行うステップ&リピート方式から、 ガルバノスキャナヘッドの移動と溶接を同時に行うオンザフライ方式に変更した。 移動しながら溶接を行うと溶接角度を一定にすることは難しい。そこで溶接強度を確保 できる溶接角度範囲を詳細に調査把握し、その範囲で溶接できる移動速度を選定した。 また、ガルバノスキャナヘッドを移動し溶接する場合は、ガルバノスキャナヘッドを 停止位置で固定し溶接する時より位置精度が大幅に悪く、このため溶接位置がズレると

いう課題がある。実験により溶接位置が0.2mm以上ずれると溶接強度を確保できない というデータを得ており、これを解消するためシームトラッキング装置を用いる事で溶 接位置がズレずに溶接ができ、これにより、ステップ&リピート方式に比べ、溶接時間 を1個当たり2.42 秒短縮することが出来た。

ガルバノスキャナヘッドが ①溶接開始から②の溶 接終了までをムダなく瞬 時に行う。

3) オンザフライ溶接の経路の改善

ブラケット側の溶接は、溶接強度が確保できる溶接角度範囲が狭いため、溶接時間を 確保するためヘッド移動速度を遅くする必要があり、時間がかかっていた。ヘッドの移 動ルートを最適なものに変更することにより、1.5 秒短縮することが出来た。

4) 溶接速度を優先した溶接条件変更

レーザ溶接においては、レーザ出力と溶接速度の組み合わせで必要な溶接エネルギー を得ることが出来る。すなわち、レーザ出力を高くすれば溶接速度を早くすることが出 来ることになる。

またレーザ溶接は溶け込み深さが深いが、製品構造上必要な溶接強度を得れば良いため、最適な溶接エネルギーまで溶接条件を絞ることが出来る。

そこで、必要な溶接強度が得られる溶接条件を求め、溶接速度を高速化した。具体的にはツースプレート側の4m/minを5m/minに、ブラケット側の3m/minを5m/minに高速化した。これにより3秒短縮できた。

5) ワーク搬送ラインの2ライン化

ワークを溶接位置に供給するための搬送時間やツースプレート部品とブラケット部品 の両側を溶接するためワークを反転させる時間など、溶接以外の時間がある。これを短 縮するため、1ライン増設し搬送装置2ラインを一体化し、搬送装置毎にワーク位置決 め装置を設置する事で、ライン間をオンザフライ工法を用いて移動しながらレーザ溶接 を行う事で一方が溶接を行っている間に、もう一方の位置決め装置でワークの位置決め を済ませておくことができる。1ラインだけの場合は搬送を含めて27秒かかるが、2 ラインを交互に溶接することにより2個溶接する時間は35秒となり、1個当たり 17.5秒の溶接時間となった。

オンザフライの場合、ロボットの動きは原点位置から作動し原点に戻りサイクルが終 了する。2ライン間を移動するときには一度原点に戻るプログラム設定になっていた。 これを2ライン連携する場合のみ、原点に戻らないプログラムに改善した。これにより 2.0 秒/1 個短縮できた。

6)シームトラッキング装置によるワーク位置決め時間の短縮

レーザ溶接においてはワークの位置決め精度を 0.1~0.2mm と非常に高くする必要 があり、通常はワーク搬送・位置決め装置が大型化複雑化しワークセット時間も多くか かる。

今回、シームトラッキング装置を用いることにより最大 1.5mm の位置ズレに対応すること出来るため、搬送・位置決め装置を簡素化すると共に、ワークセット時間を大幅に短縮することが出来た。図46:完成ライン図参照。

7) 溶接部品間の固定方法の変更

溶接するためにチューブとツースプレート及びブラケットなど溶接部品間を位置決め 固定する必要があり、通常では、非常に複雑で時間のかかる固定治具を作成する必要が ある。

今回、部品間をダボ圧入で固定する方法を採用した。これによりワーク搬送・固定装置が簡素化すると共に、固定にかかる時間を大幅に短縮できた。

以上の7項目により、生産タクト 15.5 秒/個と目標の生産タクト 16 秒/個以下を達成することが出来た。

最終章 全体総括

「複数年の研究開発成果」

レーザ溶接での高精度トラッキング工法の開発では、チューブパイプ部品にツースプレート 部品を取付け、シームトラッキング検出範囲を検証した結果、ガルバノスキャナヘッドの照射 角度が0°~25°で検出が出来る事が分った。また、溶接プログラムに対し、ワーク位置を 変えて溶接を行い追従精度を確認した結果、溶接ワークの最大ズラシ量 1.5 mmで精度 0.055 mmまで補正が出来、誤差はレーザ径(Φ0.9)に対し5.5/90 と非常に少なく溶接に全く影響 がない事が検証できた。チューブパイプ部品にブラケット部品を取付け、シームトラッキング 検出範囲を検証した結果、ガルバノスキャナヘッドの照射角度が 10°~25°で検出が出来る 事が分った。また、チューブパイプ部品とブラケット部品の溶接プログラムに対し、ワークを 回転させて溶接を行い追従精度の確認した結果、最大回転ズレ 1.5°で溶接位置精度 0.09 mm まで追従補正が可能となる。以上により、<u>レーザ溶接にて精密な部品を高精度な溶接軌跡にて</u> 接合とする事が可能となり、量産品への適用が図れることが見えてきた。

レーザスポット溶接工法における溶接強度の検証では、溶接形状毎に引張強度を検証した結果、引張強度は溶接面積や溶接距離に比例しており、長丸形状 R2mm×R ピッチ間距離 14mm1個で最大荷重 17.8kN とチューブサブ Assy の製品強度の目標値 15kN 以上を達成 できた。

ツースプレート部品のレーザ溶接における直線軌跡の重ね溶接では、レーザ出力 1.5kW、 速度 2.5m/min、溶接長さ10mm 以上またはレーザ出力 2.0kW、速度 2.5m/min、溶接長 さ8mm 以上あれば、チューブサブ Assy の製品強度の目標値 15kN 以上を達成できた。

チューブパイプ部品とツースプレート部品のヘリ溶接では、溶接長さを左右各 10mm とした場合、レーザ出力 1.5kW~2.8kW、速度 2.5m/min で母材より破断し、最大引張り荷重は 18kN~20kN となっており、チューブサブ Assy の製品強度の目標値 15kN 以上を達成できた。

チューブパイプ部品とツースプレート部品の歪みの少ない溶接位置及び溶接手順の開発では 重ね溶接に於いて断続溶接を行うことによりツースプレート部品上面の平面度は 0.08mm と 目標値の 0.1mm 以下を満足できた。また溶接軌跡を工夫することで変形量を 0.06mm とさ らに少なく出来ることが分かった。また、ヘリ溶接においても、溶接長さを 10mm左右2ヵ所 と 5mm左右4カ所の配置でレーザ溶接を行う事により、ツースプレート部品上面の平面度は 0.04mmとなり目標値を達成できた。

溶接治具の冷却効率向上による低歪工法の開発では、白金-白金合金熱電対を試料に溶接す ることにより、溶接時の試料表面と裏面の温度測定が可能であることが分かった。更に、冷し 金で溶接部を冷却するより溶接部を断熱する方が、変形が少ないことが検証できた。

溶接ビードの余盛り(凸形状)レス化工法の開発では、レーザ出力のスタート側にスロープ 制御を9mm以上行うことで、余盛高さ0.15mmに低減できた。またレーザ重ね溶接後、焦 点位置を上げてレーザスポット径を4倍程度にひろげレーザ光を再度照射する仕上げ溶接を行 うことで、余盛が0.15mm~0.25mmにできた。

溶接ビードを下げる V 溝余盛りレス化工法の開発では、切削加工で V 溝加工、U 溝加工を 溶接長さに合わせツースプレート部品に行うことにより、全ての場所でツースプレート部品面 から余盛が出ない条件を設定する事が検証された。

ー貫連続溶接技術の開発では 2 ラインのコンベア投入による一貫溶接システムを開発した。 このシステム装置は 2 カ所のワーク位置決め装置で位置決めされたワークをオンザフライエ法 を用い移動しながらレーザ溶接を行う。一方の溶接を行っている間に他方でワークの位置決め を済ませておくことにより溶接加工時の待ち時間を削減したシステムとなっている。また、 レーザ溶接位置についてはオンザフライ溶接に対応したシームトラッキング工法によりレーザ 照射位置を検出しレーザ溶接位置補正を図り溶接を行う事で、溶接位置ずれが無く溶接強度が 保証できる装置となった。最適な加工条件を組込んだー貫連続溶接技術の開発が構築でき、生 産タクト 15.5 秒/個と目標値の 16 秒/個以下を達成できた。これによりステアリングコラム の機能部品であるチューブサブ Assy の円筒形状部品に対して、レーザ共付け溶接を高速にて 連続溶接が可能となる技術の構築が出来た。 「研究開発後の課題」

今回開発したレーザ溶接における基礎要素技術を活用し、事業化につなげるための量産アイ テムに対応が図れる量産技術の構築を推進していく。

「事業化展開」

本研究開発により、自動車用電動パワーステアリングの機能部品にレーザ溶接による部品接 合工法の適用を図っていく。特に、電動パワーステアリングは C-EPS(コラムアシストタイ プ)の他に P-EPS(ピニオンタイプ)などの他機種への水平展開を図る。また、農業機械 (オフロード)、建設機械等の分野においても事業化展開を図っていく。