第Ⅱ部 産業界の最近の動向と溶接工学

Ⅲ 構造製作

10. 建設工作機械

山 本 光*

Construction Equipments and Machine Tools

by YAMAMOTO Hikaru*

キーワード：建設機械，工作機械，ロボット溶接，高溶着，疲労強度，オフラインティーチング

10.1 概要

日本建設機械工業会の発表によると，建設機械出荷金額は2004年に前年比18.8%増の1兆6,024億円，2005年には同14.0%増の1兆8,262億円となり，7年ぶりに前年実績を上回った2003年から3年連続で増加した^{1, 2)}。国内の民間建設投資にはようやく下げ止まりの傾向が見られるものの，公共投資は依然として減少し，総投資額は前年比割れの厳しい状況が続いている。しかしながら，海外での堅調な中古車需要に伴いストック調整が進んだ結果，国内向けの新車需要は微増基調を維持し2004年の出荷金額は前年比5.5%増の6,975億円，2005年は同6.5%増の7,427億円であった。一方，輸出は中国向けが金融引締め等中国政府によるマクロ経済調整の影響を受け，2004年には一時的に需要が激減したものの，その後順調に回復して来ている。また中国以外のアジア，欧州，米州，中近東向け等いずれも好調に推移し，2004年は前年比31.7%増の9,049億円，2005年には同19.7%増の1兆835億円と輸出のみで初めて1兆円を上回った。製品別に見ると，主要品目のうち油圧ショベル，ミニショベル，トラクタ，建設用クレーン等が国内向け・輸出共に続伸し，対象10製品のうち7製品までが増加基調で推移している。

工作機械に関しては，日本工作機械工業会の発表によると，2004年の工作機械受注総額は前年比45.2%増の1兆2,362億円と7年ぶりに1兆円台に回復した。さらに2005年には同10.3%増の1兆3,632億円となり，1990年に次ぐ史上2番目の高水準となった^{2, 3)}。このうち国内向けは2004年に同52.4%増の6,728億円，2005年には同11.0%増の7,467億円となった。自動車および一般機械業界を中心に設備投資需要が好調に推移し，また受注のピークであった1990年前後に導入した機械の更新需要が活発化したこと等もあり，2004年は11業種中10業種が，2005年は11業種中7業種が前年比プラスとなった。一方，輸出は北米向けが回復しアジア向けが拡大したことにより，2004年に同37.6%増の5,634億円，2005年には9.4%増の6,165億円と，初めて6,000億円台に達した。

10.2 全体の技術動向

建設機械製品には，従来からのニーズである大作業量・低燃費の実現，耐久性・信頼性の向上，安全性・居住性の確保等と併せ，環境への配慮が欠かせない。建設機械の動力源となるエンジンには経済性，耐久性，また出力特性等の面から，主にディーゼルエンジンが採用されている。日米欧の新たな排ガス規制に対応すべく，メーカ各社から，新エンジンの搭載と共にIT技術の活用等により環境への配慮と経済性を両立させた新型機の発表・発売が相次いで行われている。この一方で，環境保全に貢献するための製品および施工法の開発も進められている^{4, 5)}。建設・土木工事現場で発生する建設副産物や廃棄物を発生現場内で加工・リサイクルすることにより，資源の有効活用を図ると共に専用処理施設への搬出入エネルギーを節約し，大幅な環境負荷低減を可能とする処理システムが提案されている。

工作機械製品においても作業効率の向上，装置のコンパクト化，これらによる生産性向上と共に，電力・エア，潤滑油の消費量低減による省エネ・省資源，製品の長寿命化・リサイクル率の向上，稼働時騒音の低減等，様々な環境対応方針が打ち出されている。

10.3 溶接・接合技術の動向

建設機械市場は世界的に見れば拡大傾向にあり，海外工場を含めたグローバルな視点での開発・調達・生産・販売の最適化が進められている。一方で国内工場はマザー工場として，高度な生産技術を世界に先駆けて開発・適用し，海外へ展開する役割を担っている。建設機械部品の溶接には比較的早くからロボットが用いられ，主要部品でのロボット溶着化率は90%を超えている。そのためロボット溶接技術の維持・向上は重要な課題であり，以下に示すような技術開発が行われている。

(1) 高溶着化

近年の増産体制に伴い，溶接構造物の生産性向上が急務となっている。このような状況のもと，ロボット溶接における高溶着化の一手段として，2つのアークを近接させて1プール施工を行うタンデムMAG溶接法が適用されている。図1⁶⁾に示すように，先行電極の埋もれアーク化により両電極間の湯溜りを安定させ，さらには先行・後行電極パルスの同期制御およびパルス条件の最適化によりスパッタ発生量を大幅に低減させた⁷⁻⁹⁾。中厚板

原稿受付 平成18年5月10日

*正 員 日立建機(株) Member, Hitachi Construction Machinery Co., Ltd.

図1 タンデム溶接時のアーク、溶融池の状態⁶⁾ 図3 スイッチバック溶接時の溶融池画像¹³⁾ 図2 スライドタンデムトーチ¹⁰⁾ 図4 レーザギャップセンシングシステム¹⁷⁾

の溶接における実用性が確保されており、今後も適用が進むと思われる。

ロボットに搭載する上では、2本の溶接ワイヤを1本の溶接トーチに納めてコンパクト化を図る必要があるが、シングル溶接トーチの利点を生かし、タンデム／シングル溶接をトーチ・チェンジャで切替える方式、あるいは2本のトーチにスライド機構を設け始末端部やコーナ部でのシングル溶接を可能とする方式も実用化されている^{10), 11)}。スライド方式による溶接方法を図2に示す。

高溶着化に関する別のアプローチとして、ワイヤ送給装置へのサーボモータの採用が挙げられる^{11), 12)}。従来よりも高い電流域においてもアークが安定し、溶接機が本来持つ性能を最大限に引き出すことが可能となった。その結果、高い溶接品質を確保しつつ溶接速度の向上が図られている。なおタンデム MAG 溶接においてもサーボモータは有効であり、両電極のワイヤ送給を安定させることからスパッタ抑制策の一つとされている⁸⁾。

(2) 高強度化

建設機械は疲労設計製品であり、構造物の耐久性向上あるいは軽量化を図る上でも、高強度な溶接継手を実現することが望まれている。そこでロボットへの適用を前提として、完全溶接継手を得るための研究開発が行われている。バックングレス突合せ溶接において初層の裏ビードを安定して得ることを目的として、スイッチバック溶接法の検討が進められている。図3に示すような溶融池画像からルートギャップを検出し適応制御を行う方法¹³⁾、アークセンサあるいはレーザセンサを用いて溶接線を検出し、円周溶接を行うシステム等が提案されている^{14)~16)}。

(3) 作業効率向上

建設機械部品のように多数の部材を組み合わせて構造物を製作する場合、部材の切断・曲げ精度や位置決め精度等により溶接線にギャップを生じる。従来のロボットではギャップに応じて溶接条件を変更することは困難であり、ロボット溶接工程の手前で作業者がギャップ埋め溶接を行う必要があった。そこで、レーザ変位計をロボ

図5 オフラインティーチングシステム¹⁸⁾

ットに持たせてギャップを計測し、計測したギャップに応じて溶接条件を切替えるシステムが実用化された¹⁷⁾。図4にシステム構成を示す。

建設機械メーカーでは少量多品種生産を行っており、ロボットのティーチングには膨大な時間および人件費がかかる。そのためオフラインティーチングが活用されているが、図5に示すような市販の表計算ソフトをベースにしたティーチング作業を標準化することによる効率向上¹⁸⁾、またワイヤタッチセンサのシミュレーションや溶接トーチケーブル状態表示等の機能拡充¹⁹⁾により、ティーチング時間の大幅な低減ならびにコストダウンが図られており、今後の展開が注目される。

文 献

- 1) 産業機械新報, 第2546号。2) 産業機械新報, 第2593号。3) 産業機械新報, 第2545号。4) コマツ, 環境社会報告書2005。5) 日立建機環境報告書2005。6) 横田ら, 神戸製鋼技報, 54 (2), 81。7) 竹内ら, 溶技, 52 (12), 84。8) 岩城ら, 溶技, 53 (2), 80。9) 横田ら, 溶技, 53 (4), 87。10) 森ら, コマツ技報, 50 (154), 19。11) 溶接ニュース, 第2644号。12) 溶接ニュース, 第2595号。13) 山根ら, 溶論, 23 (1) 65。14) 山根ら, 溶法委, SW-3000-04。15) 山根ら, ア物委, ア物-05-1249。16) 湯澤ら, 講概, 77, 148。17) 重吉ら, 神戸製鋼技報, 54 (2), 86。18) 穴戸, 溶技, 53 (2), 58。19) 山中, コマツ技報, 51 (155), 17。