

熔接技術 應 用

建設機械分野에서의 熔接技術 應用現況

全 載 珏

三星重工業(株) 機械電子研究所

1. 概 要

建設機械는 우리나라의 産業 發展과 성장해 왔으며, 또한 發展過程에서 기여한 바도 크다. 建設機械의 需要는 1970年代 初부터 地下鐵, 高速道路等 社會間接資本 開發이 活發해 짐에 따라 建設機械에 對한 投資나 內需가 成長하기 始作하여 1980年對 後半 國家 産業規模가 擴大됨에 따라서 크게 身長하여, 1982年 內需規模가 約2100 여台이던 것이 1991년에는 16,000 여台로 增加해 왔다.

이 중 代表機種인 掘削機가 全 建設重裝備의 約 76 %('91年度 金額比)를 占하고 있고, 또한 建設機械는 建設作業의 省力化에 寄與해 왔으며 앞으로 이 役割은 變함없을 것이다. 最近에는 建設機械의 安全性, 工程의 自動化, 로보트化 등이 크게 要求되고 있다. 建設機械는 構造上 軟鋼厚板(두께 10~50mm)이 主流를 이루고 耐磨耗部品이 많다. 構成部는 鋼板이 主體이나(總 重量의 約30%) 一部 鑄鋼과 鍛造品이 使用되고 있다. 輕量化를 위하여 高張力鋼이 使用되고, 기어나 샤프트 등에는 合金鋼이나 炭素鋼이 쓰이고 있다.

生産工程은 自動化, 無人化가 推進되고 있고, 設計는 CAD/CAM 化가 보편적으로 活用되고 있다.

熔接은 탄산가스 아아크 熔接이 대부분이고, 一部 MAG 또는 플라스츠층전 와이어(FLUX CORED WIRE)를 使用하고 있다. 合金鋼 等에는 마찰용접이나 電子 비임熔接이 活用되기도 한다.

2. 技術動向

2.1. 一般動向

建設機械 使用者의 要求가 多樣化되어 감에 따라 機種이 增加해 가고 있으며, 모델이 頻繁히 바뀌고 있다. 또한 公害나 安全性 向上, 操作性이나 居住性의 向上, 低振動, 低騒音의 要求, 주위와 조화하는 디자인(DESIGN)이나 外觀品質의 重視, 操作者 運轉室의 高級化 等の 要求가 많다.

특히, 소형 굴삭기의 開發에 힘입어 좁은 공간의 施工性이 양호해 졌고, 建設機械 自體의 自動化, 로보트化 등이 推進되고 있으며, 그럼에도 불구하고 市場의 치열한 競爭으로 因하여 開發期間이 短縮이 必要하게 되었다.

따라서 컴퓨터 支援에 依한 構造解析, 시뮬레이션(SIMULATION), CAD/CAM 等に 의하여 設計의 效率化, 高度化가 推進되었고, 生産現場에서는 FMS(FMC) 等の 自動化 設備에 많은 投資가 推進되었다.

2.2 熔接構造物의 特徵

建設機械의 熔接은 다음과 같은 特徵을 갖고 있다.

- 熔接線이 짧고 복잡해서(曲線部位가 많다) 熔接 回數가 많다.

- 比較的 大電流, 긴 다리길이(脚長) 熔接이 많고, 포지셔닝(POSITONING)에 依한 아래보기 熔接이 基本이다.

- 中厚板, 軟鋼板이 主流이며 箱型 構造物이 많고,

多層熔接이 必要하다

- 주로 가스절단, 프레스加工物의 部品으로 構成되어 있으므로 組立程度가 별로 좋지 않다.

- 比較的 多機種, 少量生産 體制이다.

위와 같은 特徵을 갖는 建設機械의 熔接作業에 對하여 能率向上, 코스트(COST) 低減의 要求에 따라 탄산가스 半自動 熔接은 일찍 導入되었다.

建設機械의 熔接構造物의 破壞의 大部分은 金屬의 疲勞에 依한 것이며, 構造物의 疲勞에 關한 研究 및 DATA의 集積은 熔接構造物의 信賴性, 事故時의 신속한 分析 및 原價節減에 寄與하고 있다.

熔接홈의 形狀은 大部分 T字型 필렛(FILLET) 熔接인데, 이는 熔接균열에 대하여는 比較的 鈍感한 形狀이다. 용접균열에 對해서는 터짐 感受性 指數로 表現되는데, 炭素當量, 熔着金屬의 擴散性水素量, 이음部의 拘束度 등이 主要 要人(FACTOR)이 되며, 此外에 豫後熱條件 및 루우트(ROOT) 간격 등이 큰 影響을 미친다.

2.3. 熔接의 自動化

建設機械는 製造工程에서 占하는 熔接이 比率이 큰 業種이므로, 그 主流가 되는 아아크 熔接에 關해서는 高能率을 노린 多電極專用機의 適用이나, 熔接로봇의 導入 및 그 前後工程의 自動化 또는 FMC(FMS) 등의 推進이 대중을 이루고 있다.

一般的으로 -tracking (TRACKING) 機能, 位置感知機能, 異常檢出 및 피드백機構의 發展, 人熱制御機能 및 作業條件의 프로그램化 등의 進척에 따라 多電極熔接 등이 汎用化되어 보급되고 있다.

아아크 熔接 로봇은 汎用성이 풍부하고, 多種類의 熔接線에 對해서 熔接條件의 對應이 可能하며, 포지셔닝에 依해 適正한 熔接姿勢를 얻을 수 있는 등 많은 長點을 갖고 있다.

建設機械의 熔接에는 炭酸가스 아아크熔接이 제일 많이 쓰이는데, 熔接速度를 增大시키기 위해 솔리드 와이어(最大電流 400~450A로 使用) 대신에 플락스 충전와이어를 使用함으로써 높은 電流(500~600A)에서 熔接함으로써 能率은 勿論 比較的 양호한 비이드 外觀을 얻을 수 있다.

그러나 솔리드와이어에 비해 高價인 點 등으로 國內내는 아직 널리 擴散되어 있지 않다.

2.3.1 로봇 熔接

建設機械의 熔接自動化의 主役은 熔接로봇이다.

現在 많이 使用되고 있는 아아크 熔接로봇은 直交座標型 및 多關節型이 主가 되고 있다. 直交型의 利點은 作業範圍가 넓어서 피가공물의 크기 선택범위가 넓은 반면, 空送速度가 늦은 결점이 있다. 關節型은 空送速度가 빠르고 價格이 싼 反面 作業範圍가 相對的으로 좁은 短點이 있다. 따라서 關節型 로봇에 트랙(TRACK) 機能을 附加하여 作業範圍를 擴大하기도 한다.

熔接로봇의 制御方式은 보통 티칭 플레이백 (TEACHING PLAY BACK)方式으로 操作員이 初期敎示한 作業內容을 컴퓨터가 記憶하고, 이 內容에 따라 順次 反復實行한다. 熔接姿勢를 아래보기 또는 水平位置로 하기 위해 포지셔너(PPOSITIONER)와 로봇을 組合하여 熔接 토오치(TORCH)와 포지셔너 兩方을 制御하거나 또는 로봇 下部에 트랙(TRACK)을 組立하여 로봇의 地面에서의 移動까지 制御하기도 한다.

로봇으로 熔接을 할 境遇 構造物의 組立程度가 手動 熔接時보다 精密해야 한다. 그러나 現場의인 여러사정으로 熔接홈의 條件이나 熔接線이 로봇가가 敎示 받은 內容과 틀리는 境遇가 있다. 이런 境遇 實際의 熔接線을 시임트래킹(SEAM TRACKING)하여 로봇으로 피드백(FEED BACK)시켜 줌으로써 로봇가가 가진 動作能力 範圍內에서는 自動補正토록 하고 있다.

로봇 熔接에 使用되는 센서(SENSOR)는 아아크 센서, 와이어터치(WIRE TOUCH)센서 및 이들의 組合型이 一般的이다. 一部 레이저 광원 및 CCD카메라를 利用한 視覺센서를 쓰기도 한다. 熔接에 必要한 檢出項目으로서 熔接線 以外에 홈형상, 루우트(ROOT) 간격, 아아크상태, 비이드(BEAD) 斷面, 熔人 등이 있으며, 이 중에서 많은 것을 감지 할 수록 좋은 센서라 할 수 있다.

아아크發生後의 熔接部 位置制御는 아아크센서에 依存하고 있다. 즉, 이음의 種類 등을 人力하면, 로봇의 콘트롤러에 內藏된 制御 알고리즘(ALGORITHM)이나 데이터베이스(DATA BASE)를 통해 熔接條件이나 位置制御 要素가 自動的으로 生成된다.

熔接開始位置의 檢出은 熔接와이어에 바이어스(BIAS) 電壓을 印加하고, 母材와의 접촉에 依해 熔接이음 位置를 檢出하고 補正하는 通稱 와이어터치 센서로 遂行한다.

厚板의 境遇는 多層熔接을 하는데, 初層軌跡의 再生 制御機能이 重要하다. 熔接 中 熱變形에 對處해야 할 必要가 있을 境遇 各層마다 아이크센서에 依해 位置 制御가 되고 있다.

近來에 使用하는 熔接로봇은 보통 로봇 自體의 運身에 5~6軸, 皮加工物을 움직이거나 로봇의 運身을 보조하는데 또한 6軸等 總12軸을 쓸수 있도록 되어있는것이 大部分이다.

로봇 周邊裝置로서 포지셔너는 회전 및 틸팅(TILTING) 動作에 2軸 以上을 必要로 하고, 트랙(TRACK)裝置는 로봇의 팔길이에 한계가 있으므로 로봇을 올려 놓고 移動할 수 있도록 한 것인데 여기에 또 한 1軸以上 必要하다.

로봇의 티칭(TEACHING) 方法도 通常의 플레이백 方式의 티칭보다는 오프라인 티칭(OFF LINE TEACHING) 方法이 利點이 많다. 오프라인 티칭에서는 시스템(SYSTEM)의 支援에 依해 敎示 데이터를 作成하는 機能이 있으므로, 皮加工物의 種類가 바뀌었을때 敎示때문에 로봇動作을 멈출 必要가 없으며, 敎示데이터가 個人차가 없이 均一하게 되고, 로봇 作業을 事前에 詳細하게 시물레이션(SIMULATION) 할 수 있다.

로봇의 熔接에서 보다 더 能率을 올리기 爲해서는 플라스충전 와이어를 使用하오로서 15%의 能率向上 實績이 報告되어 있고, 또는 맥동(PULSE) 通電加熱式 핫와이어(HOT WIRE) 熔接法도 使用되고 있다.

作業字가 로봇의 熔接作業에 介入하는 比率이 다음에 例示되어 있다.

皮加工物 着脫	52%
故障處理·도오치소제	34%
作業대기	6%
其他	8%

즉, 着脫作業을 自動化함으로써 時間短縮을 할 수 있다.

實際의 自動化 라인(LINE)에서는 工程中間에 선반(RACK)을 設置하여 皮加工物 供給의 自動化와 熔接所要 時間의 皮加工物 種別에 따른 變動을 吸收하고 있다.

2.3.2 탄산가스·MAG 熔接

建設機械 熔接에서는 一部 專用 熔接機를 際하고는 탄산가스 半自動熔接이 大部分이다. 여기서 近年에는 MAG熔接이 利用되고 있다. MAG 熔接은 通常 Ar가스 80%, 탄산가스 20%의 混合가스를 使用하지만 使用

者에 따라서는 一般의 탄산가스 熔接機를 利用해 가스만을 混合가스로 대체하는 境遇와 트랜지스터 또는 인버터 制御의 맥동마크(PULSE MAG) 熔接機까지 採用하는 境遇가 있다. 가스만을 대체로 MAG 熔接에서는 大電流側에서는 아이크가 스프레이(SPRAY) 移行形狀을 나타내므로 스패터(SPATTER)가 적고 平滑한 비이드를 얻을 수 있으나 臨界電流 以上에서는 글러블러(GLOBULATOR) 移行의 아이크가 되므로 一般 탄산가스 熔接과 마찬가지로 스패터가 發生한다.

原理적으로는 트랜지스터(TRANSISTER) 또는 인버터(INVERTER), 맥동 MAG 熔接은 通常의 MAG 熔接에 비해 많은 利點이 있으나, 一般 탄산가스 熔接機에 비해 비싼 點을 갖고 있다.

스패터 以外에 맥동 MAG 熔接의 長點으로서는, 아이크 始作의 不良, 번-백(BURN BACK), 와이어 熔着, 스패터 付着에 依한 실-드(SHIELD)不良, 熔落等 熔接自動化를 阻害하는 要因들이 많이 改善되는 것이다.

이러한 問題에 對해서 熔滴短絡移行 現象을 직접 制御하는 各種方法으로 스패터등의 發生量이 꽤 抑制되었고 맥동 MAG熔接에서의 맥동波形的 適正화가 시도됨과 함께 最近에는 맥동 移行과 短絡移行의 兩者의 利點을 살린 맥동 短絡法이 開發되어, 高速熔接時의 아이크 安定化, 스패터의 低減이 함께 推進되고 있다.

2.3.3 熔接機器

가스실-드(SHIELD) 아이크 熔接法の 보급확대가 熔接의 自動化에 큰 貢獻을 한 것은 事實이며, 同時에 熔接電源의 制御方法의 進歩에 依한 熔接機의 機能, 性能의 向上이 自動化의 推進에 미친 割도 크다.

가스실-드 아이크 熔接에 使用되고 있는 熔接電源의 出力 制御方式의 變貌를 보면, 종래 아이크 位相制御(제어주파수 100Hz 程度)에 依한 磁氣增幅器가 많이 쓰여 왔지만, 싸이리스터(THYRISTER) 출력 制御素子가 流電源에 採用되고 여기에 인버터 制御(주파수 1KHz정도)로 맥동 MAG의 開發이나 電源의 大容量화가 推進되었고, 最近에는 트랜지스터 및 인버터 制御(制御주파수 10-50KHz)의 탄산가스 용접기도 先進國에서는 開發되어 맥동 MAG 熔接機나 交流 탄산가스 MAG 熔接機等に 適用되고 있다.

싸이리스터 制御에서는 變壓器에서 熔接에 適合한 電壓으로 降壓한 後 商用周波數에 同期시켜서 싸이리스터의 點孤位相角을 制御함으로써 출력을 調整한

後 平滑한 直流 리액터(REACTOR)를 통해서 아아크로 供給된다. 여기에 對해서 인버터 制御에서는 商用電源의 交流를 直流로 變換한 後 高速의 스위칭(SWITCHING)素子에 依한 인버터로 通常 10-50-KHz 程度의 高周波交流로 變換한다. 역시 降壓後 整流, 平滑해서 直流를 供給한다.

인버터 制御의 基本的인 特徵은 變壓機에 印加된 交流 周波數가 종래의 싸일스터 制御에 比해서 約100 倍나 되고, 따라서 變壓器 2次側 整流後의 平滑用 直流 리액터가 大幅의 小形, 輕量化됨과 同時에 出力 電流의 應答速度를 飛躍의 으로 빠르게 할 수 있다.

이러한 인버터 制御資源의 出現에 依해 從來에는 어려웠던 아아크 放電現狀, 電極消耗나 熔滴移行 現狀, 熔融池形成現況 等 高速複雜한 現狀들이 熔接電源의 高速出力 制御가 可能하여 目的에 맞게 적절한 出力 電流, 電壓波形을 얻기가 比較的 容易하게 되었다.

아아크 起動性의 改善에 對해서도 인버터 制御의 最大利點인 起動電流의 速應性을 活用해서, 와이어의 끝이 母材表面에 短絡하는 순간에 첨두전류(SUPER-PEAKCURRENT)를 흘려서 순간적으로 아아크로 成長시키는 方法이 開發되어 瞬時 아아크 發生이 거의 100% 가깝게 改善되어 로보트의 稼動率向上에 기여하고 있다.

2.4 熔接施工

建設機械 熔接에서 탄산가스 아아크 熔接 보급율이 큰 背景에는 高能率化를 追求하는 狀況과 建設機械 部品の 構造上의 特徵等이 있다. 設計의인 面에서 보면 熔接線 削減이 有效하며, 이를 위해서는 型鋼의 使用, 프레스成型의 活用등이 있고, 特殊한 部品에 對해서는 摩擦壓接이나 電子빔 熔接等이 검토되고 있다.

建設機械部品은 高應力이나 耐마모성을 目的으로 한 材料가 쓰이므로 低溫균열이나 高炭素當量鋼의 凝固균열의 境遇가 發生한다. 低溫균열의 境遇는 擴散性水素量이나 흡의 拘束度를 적게하고, 冷却過程을 고려해야 한다. 응고균열에 해서는 材料의 組成이나 이음部形狀에 있어서 凝固形態나 母材와 熔材의 希

釋率等을 考慮해서 熔接條件을 決定한다.

施工面에서도 被覆아아크 熔接이나 TIG熔接法에 依한 비이드 끝 部分의 再熔融法이나 應力 集中을 防止하기 위해 裏唐材를 廢止하거나 機械加工 精度 向上等이 必要하다. 生産技術面에서도 라인히팅(LINE HEATING)등이 없어야 하고, 강판의 스크랩(SCRAP) 率을 낮추기 위하여 컴퓨터에 依한 切斷 部品の 네스팅(MESTING)등을 實施하고 있다.

使用環境도 極寒地에서의 低溫취성 破壞等에 對한 設計, 施工에 留意해야 하며, 作業의 高速化나 省에 너르기의 面에서 構造가 輕量化되는 傾向이 있다. 따라서 材料도 세라믹, 엔지니어링, 플라스틱, 複合材料等이 試驗檢討되고 있다.

3. 金後의 展望

우리나라에는 産業構造가 계속 팽창상태에 있으며, 특히 인후라 스트럭처(INFRA-STRUCTURE)部門에 계속적인 投資가 要求되고 있다. 또한 建設機械 輸出도 꾸준히 늘어가고 있으므로 建設機械의 需要는 全般的으로 계속될 것으로 보인다.

수요자의 外觀品質 向上 要求가 豫想되므로 MAG 熔接이 擴散되고, 레이저(LASER) 熔接도 시도될 것으로 보인다. MAG熔接에 關해서는 알곤가스 값이 더 싸지면 보급이 더 진척될 것으로 보며, 또한 製品이 大形化, 強力化 되어감에 따라 高張力鋼板의 使用이 增大되고 應力集中 부위의 處理가 重視되어, 여기에도 맥동 MAG熔接기의 採用이 必要할 것이다.

로보트를 中心으로 하여 FMS 및 CIM 등은 今後로 계속 推進될 것으로 보며, 이러한 自動化가 보다더 效率을 올리려면 많은 部分의 要素技術의 開發이 뒤 따라야 될 것으로 보인다.

例하면, 로보트의 오프라인 티칭(OFF LINE TEACHING)技術, 檢査의 自動化, 熔接條件의 데이터 베이스(DATA BASE)化, 인공지능화(AI)에 對應할 수 있는 機械機能의 向上, 熔接와이어의 卷線不良 防止 方案, 電極 끝의 故障防止等이 改善, 開發되어야 한다고 생각된다.