

관 용접 로봇 시스템에서의 용접 조건 제어

Control of Welding Condition for Pipe Welding Robot System

*양승원, 문승빈, 홍성진, 김충영, 김영상, **김세환

삼성전자 생산기술센터 자동화연구소

**삼성중공업 생산기술연구원

1. 서론

조선 선박, 보일러 등의 산업 전반에 적용되는 관 용접 시스템을 자동화하기 위해서는 일반적으로 로봇이나 용접 전용 장치를 이용하여 용접 작업을 행하고 포지셔너를 통해 관을 일정 속도로 구동하여 이들간의 동기 제어가 이루어져야 한다. 과거의 수용접을 통해 이루어진 관 용접의 경우는 용접공의 눈을 통해 토치의 운봉을 맞췄지만 이를 로봇으로 적용할때는 초기의 정확한 위치 찾기로부터 용접선의 실시간 추적까지 최적화 되어야 하고 용접중에 생기는 용접 상태에 따른 용접 전압, 전류등의 조건을 실시간으로 보상하는 제어 조건까지 동반되어야 한다.

본 연구에서 소개하는 관 용접은 관 용접 부위를 안쪽과 바깥쪽 두부분으로 나누어 동시 용접을 시행하는 적용 사례를 보임으로써 이들 동시 용접중에 생기는 문제점과 해결 방안을 제시하였다. 삼성 중공업 거제 조선소의 관 용접에 적용되었던 이 시스템은 국내 조선업계에서 최초로 적용된 부분이며 동시에 국내 순수 독자 기술이었다는 점에서 그 의의가 크다.

2. 관 용접 시스템의 용접 조건

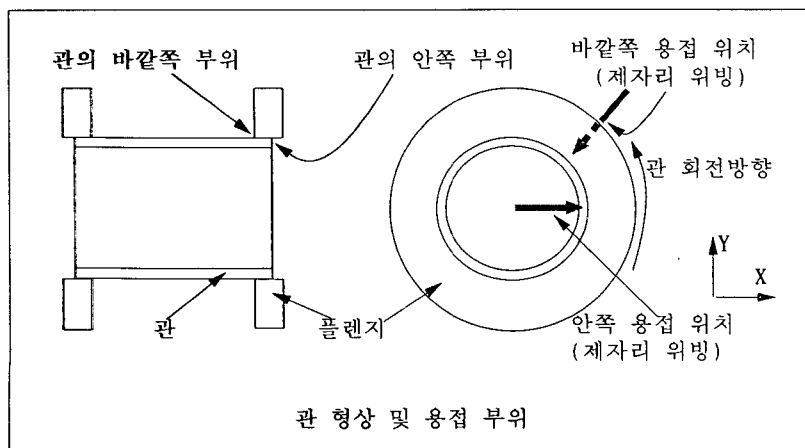
관 용접 로봇 시스템에서 로봇과 포지셔너를 구동하면서 용접을 수행하는 도중에, 내부 조건의 변화에 대응하고 공정상 필요에 의하여 용접 조건을 변경시켜야할 경우가 있다. 관 용접 로봇 시스템, 즉 포지셔너에 고정되어 회전하는 관을 두대의 로봇이 동시 용접하는 시스템에서 각각의 로봇이 관의 안팎을 용접할때, 용접이 진행되면서 모재에 많은 열이 확산되게 된다. 이때 포지셔너가 균일한 회전 속도를 유지하고, 또한 용접을 수행하는 로봇들이 동일한 용접 조건으로 처음부터 끝까지 용접을 진행하면 모재에서의 가열로 용접이 점차적으로 진행되면서 용접 puddle의 상태 변화가 생기게 된다. 이로 인하여 비드의 홀러 넘침이 발생되어 마지막부에 이르러서는 균일한 용접 상태를 이루기 힘들어지며, 또한 용접 기능중의 하나인 ARC SENSOR

에도 영향을 미치게되어 용접선 추적에도 영향을 주게 된다. 이 경우가 발생했을때 모재의 용접 부위를 몇 구간으로 나누고 해당 구간마다 용접 속도를 변경한후 용접을 수행하면 전구간 용접을 수행할 수 있으나 구간마다의 가감속으로 인하여 용접 비드의 균일성이 떨어지고, 용접 시스템의 효율이 저하되는 문제점을 안게된다. 아래의 그림은 플랜지와 관으로 구성된 대상물의 안팎을 용접하는 관 용접 시스템으로, 2축으로 구성된 포지셔너와 두대의 6축 로봇을 동시 구동하고 있는 상황을 보이고 있다.



관 용접 시스템에서의 포지셔너 및 두대 로봇 동시제어

아래 그림에서는 용접에 적용되는 관의 형상 및 용접 부위를 제시하고 있으며 이들 용접 부위의 안팎에서 동시 용접작업을 진행한다. 여기서 플랜지 부분은 슬리브가 될 수도 있다.



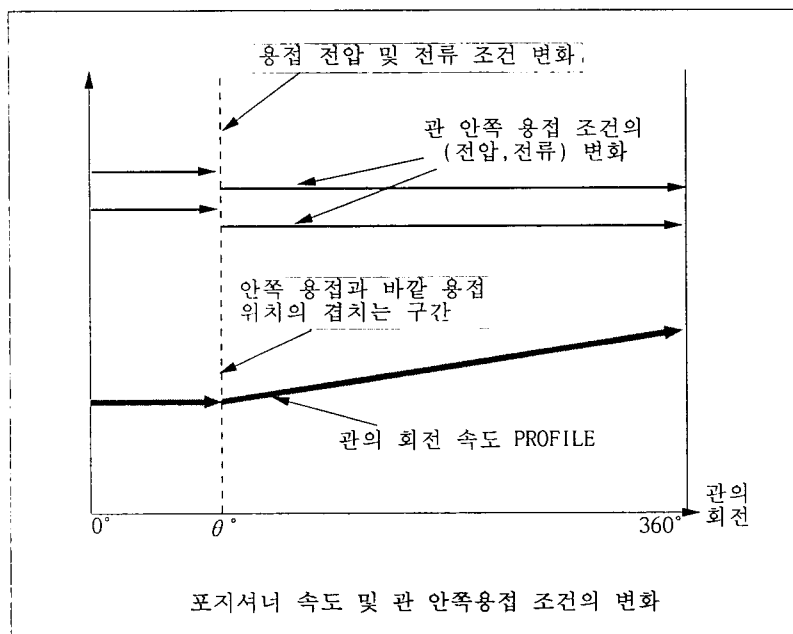
관 형상 및 용접 부위

적용되는 관의 종류는 관의 내부 지름에 따라 350~550mm 까지로 다양하고 THICKNESS의 종류, 플랜지 및 슬리브의 조립등에 따라 60여개의 종류로 나뉜다. 이러한 관에 두대의 용접 로봇은 TOUCH SENSING으로 용접 초기 위치를 찾고 제자리 위빙(PENDULUM WEAVING)중에서 ARC SENSOR TRACKING으로 용접을 진행한다.

관의 용접 위치를 보면, 특히 안쪽에서 수직 방향 용접을 진행하게 되는데 그 이유는 입향 자세(HORIZONTAL)의 경우 생기는 용접 푸울의 퍼짐 현상보다 수직 방향 자세(VERTICAL)에서 용접 푸울의 흘러내림 현상이 오히려 관의 회전시 적용하기 유리한 위치이기 때문이다. 그러나 위의 용접중 생기는 열영향은 관의 안쪽만을 용접하더라도 생기는 국부적인 문제인데, 동시에 관의 바깥쪽도 용접을 진행하다보면 그 열 영향이 더 크게 확산되며 일정한 조건으로 관의 360도 회전까지 용접을 진행하면 안쪽의 용접상태가 불균형해져서 품질의 악화를 초래한다.

3. 관 용접 시스템에서의 용접 조건 제어

용접 진행중에 생기는 이러한 가열을 막고 좋은 용접 품질을 위하여 로봇의 용접 조건과 포지셔너의 속도를 용접중에 실시간으로 가변시키는 방법을 고려하게 되었는데 그 변화 구간은 이전의 용접 조건(두대의 로봇 각각 한가지 조건만으로 용접 진행)에 의한 용접 상태에서 구분되는 부분을 피드백해서 최적화했다. 아래 그림은 관의 360도 회전시 포지셔너의 회전 속도 변화 및 관 안쪽 용접 조건의 변화를 구간별로 나누어 제시한 새로운 용접 조건이다.



바깥쪽 용접의 경우는 관의 속도 변화량에 어느정도 영향을 받지만 실제 용접 비드 상태

는 육안으로 크게 차이가 없다. 그 이유는 안쪽 용접 조건에 비해 바깥쪽 용접조건이 크기 때문이며 반대로 안쪽 용접 조건은 용접 조건이 바깥쪽에 비해 전압, 전류가 약하고 또한 용접 가장자리 부분을 충분히 채워야 하는 용접 조건이 동시에 전제되기 때문이다. 실제 용접 상태를 육안으로 확인하면 바깥쪽은 큰 영향을 받지 않으며 용접 비드 또한 어느정도 균일함을 알 수 있다. 초기의 안쪽 용접과 바깥쪽 용접 위치가 겹치는 구간인 일정각 회전 상태까지, 용접 전압, 전류 조건이 전체 용접 조건에 비해 큰 이유는 이 구간에서($0 \sim \theta$) 열 영향이 거의 없기 때문이며 열영향을 받기 시작하는 용접 위치의 겹치는 구간에서 두번째 적용시킬 용접 조건으로 용접을 수행하는 과정을 알 수 있다.

이러한 일련의 작업조건은 전체 용접을 진행하면서 실시간으로 진행되어야 하며 전체적으로 이상 가열이나 비드의 흘러넘침이 없고 용접 푸울의 안정화가 이루어지면, 전구간에서 진행되는 ARC SENSOR 기능에 필요한 안정된 전류 SAMPLE을 얻을 수 있다.

실제 제어기 내부에서는 포지셔너의 회전 속도 구간이 변경될때 관 안쪽 용접을 진행하는 로봇쪽으로 글로벌 변수를 통해 전압, 전류 조건 변화를 이루게 하고 회전 속도 증가분은 적용되는 관에 따라 미리 계산된 변수로 지정된다. 동시에 관의 안쪽을 용접하는 로봇에서는 포지셔너로부터 속도 변화 진행 신호를 글로벌 변수로 받아 실시간으로 용접 조건을 변화시켜 주고 이 변화량은 변수 값을 통해 지령 받는다. 결국 이 시스템을 구동하는 작업자는 LOADING 되는 관의 형태에 따라 관의 LABEL만을 지정함으로써 전체 용접을 수행할 수 있다.

4. 요약 및 결론

본 관 용접 로봇 시스템은 순수 국산화된 용접 로봇 시스템을 대관 용접에 적용한 대표적인 사례로 기존의 용접 기능들 외에 적용된 용접 조건의 변화 및 포지셔너 속도 변화등을 이루어 양질의 제품을 얻게 되었다. 이것은 용접 로봇 시스템의 제어 기술력 이외에도 용접 기술에서의 KNOW-HOW도 중요한 부분으로 두각된 중요한 의미를 갖는다. 이 시스템의 작업 적용에 걸린 시간은 대략 4개월 이상이었으며 이 기간동안 얻은 결론이 용접 조건의 변화에 따른 시스템 적용이었기 때문이다. 그리고 이러한 조건 변화 및 제어 기술 외에도 복잡한 시스템을 단순화하여 해결할 수 있는 시스템 구성 능력 배양은 국내외 로봇 제어기술의 중요한 과제로 남게 된다.

차후 더 다양한 용접 시스템에 적용할 로봇 제어 기능은 기존의 ARC SENSOR 알고리즘을 확장해서, 용접 대상물의 정도가 열악한 경우에도 대처할 수 있고 맞대기 펄렛 용접 등에서의 적용등 다양화 하는 작업이며, 실시간으로 용접 푸울의 상태 변화를 데이터화하는 방법 제시 그리고 용접 조건 모니터링 기능의 다양화 등이 예상된다.

5. 참고문헌

1. 문승빈, 홍성진, 황찬영, "아크 용접 로봇트 제어기 구조", 대한용접학회지, 14권 4호, 1996, pp 1-6
2. Lynx OS User's Manual, Lynx Real-Time Systems. ins., 1993
3. 허장욱, 김재웅, 나석주, 이승영, "혼합 개스 GMA 용접에서 아크 신호를 이용한 용접선 추적에 관한 연구", 대한용접학회지, 8권 1호, 1990, pp 23-30
4. R. Fenn, R. R. Stroud : "Development of an ultrasonically sensed penetration controller and seam tracking system for welding robot", Inst'n of Mech Engineers, 1984, C471/84, pp.105-108
5. Y. Kiyohara, "Application of latest arc welding robot with synchromotion and sensor", Robot, pp.37-43, vol.102, Jan. 1995
6. 김진오, 신정식, 김성권, 박문호, 김세환, "조선 소조립 용접 로봇 시스템 설계", 대한용접학회지, 14권 1호, 1996, pp 30-37
7. 문승빈, 윤명균, 홍용준, 홍성진, 황찬영, 김동일, "6축 로봇트를 이용한 자동용접에서의 Arc Sensor 개발", 대한용접학회 1995 춘계학술발표회