

우주발사체와 용접기술

김 유

충남대학교 공과대학 기계공학과

용접의 가장 큰 응용분야이고 또한 수입원이라면 대부분 조선분야를 생각합니다. 그러나 첨단과학의 상징이라고 하는 우주발사체, 즉 로켓 또한 적절한 용접기술의 뒷받침이 없이는 사실상 불가능합니다. 로켓 분야에 종사하는 본인으로서 여러 용접전문가들의 우주에 대한 보다 많은 관심을 갖어 주었으면 하는 바람에서 오늘 이 자리에 서게 되었습니다.

말씀드릴 내용은 우선 간략하게 로켓에 대한 역사, 그리고 우리의 발사체관련 사업, 마지막으로 로켓의 hardware를 중심으로 용접이 필요한 분야에 대해 말씀드리고자 합니다.

최초의 로켓은 화약의 발명국인 중국에서 시작되었다고 합니다. 화살에 화약통을 매달은 것으로 로켓이라기 보다는 불을 뿜으면서 상대방의 사기를 저하시키는 일종의 심리전 효과가 더 큰 것으로 알려져 있습니다. 몽고군은 중국의 불화살 대신 이를 추진력을 이용하는 형식으로 개발하여 사용하였으나, 보다 실용화 된 것은 어떠한 경로인지 확실치는 않으나 이것이 아랍국가로 전파된 이후 였습니다. 유럽 국가들은 아랍의 로켓을 기초로 나름대로 이를 발전시켜 사용하였으며, 특히 영국은 인도인들의 로켓 공격을 받은 후, 이의 실용성을 높이 평가하여 현재와 유사한 형태의 로켓, 즉 노즐을 장착하고 사거리도 몇 킬로가 되는 시스템을 개발하여 실전에 사용하였습니다.

나름대로 개발이 진행되던 로켓은 1800년대 중반, 포신에 강선을 채택하여 포탄의 중량과 사거리그리고 정확도가 증가하면서, 무기로서의 매력을 잃기 시작하였고, 그 대신 로켓은 우주여행의 수단으로 꿈 많은 미치광이 과학자들의 연구대상이 되기 시작하였습니다. 20세기 초에는 어떠한 연유인지 사람들이 유난히도 우주에 대한 관심이 고조되던 시절이었습니다. 불란서의 줄 베르느의 달로의 여행이란 책은 best seller가 되었으며, 지구 종말, 우주인의 지구 방문 등 공상과학 영화들이 많은 인기를 끌었던 시절이었습니다. 특히 불란서, 독일, 이태리, 러시아 등 유럽 국가에서는 많은 과학자들이 우주여행에 대한 이론을 연구하고, 또한 이를 위해서 로켓이 필요하다는 것에 모두 인식을 같이 하고 있었으며, 현재 사용되고 있는 로켓의 기본 이론도 거의 이 시기에 완성되었습니다. 이들의 연구결과는 발표를 통하여 서로 공유하였고, 이 시기가 어찌면 인류 역사상 순수한 로켓 연구의 황금시기라 할 수 있을 것입니다.

그러나 이러한 공개적인 연구는 독일이 V-2를 개발하기 시작하면서부터 연구내용은 베일에 싸이게 되었고, 모든 국가들은 로켓의 군사용 응용에 대한 심각한 고려를 하기 시작하였습니다.

참고로 V-2는 사거리 300 킬로, 1톤의 탄두를 장착하고 있으며, 액체산소와 75% 알콜을 추진제로 사용하고 있습니다. 이 로켓은 1944년 1월 뒤늦게 비행시험에 성공하였고, 1년간 총 4300 여기가 발사되었으나, 3000 명 정도의 사망자와 7000 명 정도의 부상자를 발생하는 전과를 올렸기 때문에 무기로서의 역할은 충분히 하였다고 할수 없을 것입니다. 그러나 V-2는 정치 및 군사 지도자들에게 로켓이 결코 작난감이 아니고 우수한 공격무기가 될 수 있다는 것을 실증 하였고, 전후 미국과 소련은 이를 토대로 오늘의 로켓을 개발하게 되었습니다.

전후 미국은 약 300기 정도의 V-2와 관련 과학자들을 미국으로 수송하였으며, 소련은 생산시설과 잔여 전문가들을 모스크바로 송환하였습니다. 당시의 V-2는 완전한 상태의 로켓이라고는 할수 없었으며, 소련은 로켓의 중요성을 인식하였으나, 미국은 로켓 보다는 장거리 폭격기 즉 항공기에 보다 주안점을 두었습니다. 소련은 V-2를 모델로 하여 자체 로켓을 개발하였으며, 이를 토대로 최초의 대륙간탄도탄 R-7을 완성하여 군에 배치하였습니다. 이 로켓은 약간의 수정을 하여 최초의 인공위성을 운반하였기 때문에 아직도 인공 위성이란 러시아어, 즉 스푸트니크 로켓으로 세계에 알려지게 되었습니다. 이 시기는 소련이 핵폭탄 개발이 거의 끝날 무렵이었으며, 낙후된 기술로 인하여 폭탄의 중량은 5톤, 그리고 사거리 10000 킬로가 군의 요구사항이었습니다. 이러한 요구조건 때문에 소련의 로켓은 미국에 비해 개발초기에는 강력하였고, 아폴로 계획에 의하여 우주인이 달에 도착하기 전 까지 소련은 미국에 비해 발사체에 우위를 점하게 되었습니다.

최초의 인공위성은 실용적 측면에서는 사실상 뚜렷한 가치가 없는 것이었으나, 미국인들은 소련이 위성에 핵폭탄을 장착하고 지구 궤도를 비행하다가 언제든지 원하는 시간에 미국을 공격하는데 사용할 것이라고 생각하였으며, 미국도 이에 대항 즉 대규모 로켓을 개발하기 시작하였습니다. 육해공군 삼군에서 독자적인 로켓개발을 하던 체제를 바꾸어 새로 탄생한 NASA에 개발을 위임하였으며, 대학의 교과과정 까지 변하게 되었고 소위 space race 라는 것이 시작되었습니다.

케네디 대통령이 십년내에 미국인을 달에 착륙시킬 것이라고 공언 한 이후, 미국은 머큐리, 제미니, 아폴로 등 발사체 개발을 추진하였으나, 초반전은 항상 소련에 뒤지게 되었다. 최초의 우주인, 무인 우주선의 달 착륙, 금성, 화성 진입 등, 이러한 소련의 일방적인 우세는 아폴로 계획을 위한 사턴 로켓의 개발에서부터 점차 뒤떨어지기 시작하였다. 로켓 엔진에 관한한 소련은 싸유즈, 프로톤에 사용된 엔진이 가장 대표적인 것이며, 모든 발사체는 이들 엔진을 여러개, 때에 따라 수십개를 장착하는 개념을 이용하였다. 초기에는 엔진의 신뢰성이 높고 또한 나름대로 성능이 우수하여 우위를 유지 할 수 있었으나, 유인우주선을 달에 보내기 위해서는 초강력 로켓엔진이 필요하였고, 결국 엔진 개발에 실패하면서 미국에 뒤지게 되었다. 암스트롱이 달에 착륙한 이후에도 소련은 달유인 계획을 추진하고 있었고 이를 위해 N-1 로켓을 개발하였으나, 4회에 걸친 발사실패와 무엇보다 경제적인 이유로 소련은 이 계획을 슬그머니 취소하였다. 이후 미국은 베트남전에서 국력을 소진하고, 소련은 N-1의 무리한 투자로 인하여 양국이 모두 발사체 개발은 주춤하였으나, 1980년대 지구궤도에 우주선을 배치하는 소위 우주전쟁을 통하여 미국은 Space Shuttle 그리고 소련은 Energia 씨스템을 개발하였으나, 아프간에서 국력을 소진한 소련은 결국 2회의 비행을 끝으로 에네르기아는 창고에 갖히는 신세가 되었고 더 이상 발사체 개발은 진행되지 않고 있다.

이상 말씀드린 것이 우주발사체 개발사라고 한다면 결국, 모든 로켓의 시작은 V-2 로켓이고, 이의 개발은 국가의 정책적목표, 즉 군사목적에 의해서 이루어 진 것임을 알 수 있다. 현재 우주발사체는 유럽의 아리안 씨스템, 중국, 일본, 인도 등에서도 개발되고 있으나 결국 이들은 어떠한 형태이던 미국과 소련의 영향에 의한 것이라 할 수 있을 것이다.

현재 우주발사체는 이동통신의 발전과 관련하여 상당수, 1000개 이상의 위성이 필요하기 때문에 이를 경제적으로 발사 할수 있는 중소형 발사체에 대한 관심이 높아지고 있는 상태이다.

우리나라의 경우 로켓의 개발은 박정희 대통령에 의해 추진되었던 지대지 로켓 사업이 처음이었으나, 이것은 상대적으로 소규모임으로 우주발사체와는 거리가 멀다고 할 수 있다. 본격적인 발사체 개발은 “국가 우주개발 중장기 계획”이 수립된 이후이며, 초기의 관측로켓 개발, 다음 단계인 저궤도 위성 발사용 발사체 개발, 그리고 마지막으로 대형위성 발사체 개발등 2015년 경에 완성하는 것이며, 현재 항공우주연구원이 주체가 되어 3단형 관측로켓 개발이 진행되고 있다. 계획에 의하면 금년 안으로 비행시험을 수행하고 또한 전라남도 고흥군 외나라도에 우주발사장을 건설하기 위하여 현재 토지수매가 진행중인 것으로 알려져 있다. 참고로 5년간 지속사업인 관측로켓 개발 총예산이 800억 정도임을 감안한다면, 대형 선박 건조에 익숙해진 용접분야의 전문가들에게 이 정도의 예산은 흥미를 유발하기에는 상당히 거리가 멀것으로 생각됩니다.

우주발사체의 개발을 단순한 경제논리로만 해결하려고 한다면 많은 문제점이 있습니다. 우리의 발사체를 외국이 구매하기를 바라는 것은 현재로서는 너무 비약된 것이며, 국내 수요만 고려한다면 일년에 한기 정도도 안되기 때문에 이의 개발에 필요한 막대한 초기 투자는 경제적인 측면에서는 설득력이 전혀 없으며, 오히려 외국의 발사체를 이용하는 것이 합리적입니다.

우주발사체의 군사목적으로의 사용은 국제정치적인 문제가 있기 때문에 논의에서 제외한다고 하여도, 국가안보를 위한 정찰위성의 경우 외국의 발사체를 이용한다면 이의 성능이 노출되어 정찰위성으로서의 가치가 이미 없어지게 됩니다. 또한 자체 발사체가 없다면 독자적 우주계획을 수행 할 수가 없으며, 대표적인 예로 최근 항우연의 2호 다목적 위성의 경우, 이의 발사를 가격이 저렴한 중국의 발사체를 선정하였으나, 미국의 기술이 포함되어 있는 위성을 중국에 갖여 갈 수 없다는 미국의 주장에 의해 발사체를 다시 선정해야 하는 문제가 발생한 것이 좋은 예라 할 것입니다.

발사체는 통상 추진기관, payload, 유도조정 등으로 구분 할 수 있으며, 이중 규모면에서 거의 대부분을 차지하는 추진기관이 가장 중요한 품목이라 할 수 있습니다. 또한 추진기관은 추진제를 저장하는 탱크, 공급장치, 그리고 이를 연소하는 연소실로 구분 할 수 있고, 연소실은 추진제를 정량, 그리고 연소가 최적으로 이루어 질 수 있도록 공급하는 인젝터, 연소실, 연소가스를 고속으로 분출하는 노즐, 그리고 점화기로 구분할 수 있습니다.

추진제 저장 탱크는 로켓의 크기에 따라 차이가 있을 것이나, 대형 우주발사체, 예를 들면 미국의 space shuttle의 경우 직경 8 미터, 길이 60 미터 정도의 탱크이며, 대부분 용접 구조로 되었습니다. 제조과정은 선박에 비유한다면 가장 부가가치가 높은 LNG 운반선과 유사하다고 생각하시면 이해가 빠르실 것이나. 그러나 로켓의 추진제 탱크는 경우에 따라 고압이며, 특히 액체산소 및 액체수소를 사용하는 로켓에서는 초저온, 그리고 수소의 특성으로 인하여 용접과정이 매우 까다로운 것으로 알고 있습니다. 특히 선박과의 큰 차이점은 상대적으로 무게가 가벼워야 하며, 초기의 급속한 가속, 격심한 진동 등에 견딜 수 있어야 하는 점을 들 수 있을 것입니다.

추진제 탱크가 선박과 유사하게 대형 구조물이라면, 로켓의 가장 중요한 부분인 엔진 역시 결국은 용접에 의하여 최종 제품이 생산됩니다. 로켓의 엔진은 그 동안의 개발과정을 거쳐서 믿어지지 않은 정도로 소형화되었으며 이것은 결국 정밀용접의 필요성을 나타내기도 합니다. 민간항공기인 보잉 747 엔진의 30배 이상의 추력을 발생시키는 로켓엔진의 연소실도 항공기 엔진 한 개 정도의 크기에 지나지 않습니다.

엔진은 인젝터, combustion head, 냉각 장치에 용접이 필요합니다.

로켓연소실은 고성능엔진의 경우 연소압은 대략 150 기압 이상, 연소온도는 3500 K 정도로 고온이기 때문에 현재 사용중인 재질은 냉각을 하지 않는 한 사용 할 수 없습니다. 냉매는 추진제를 사용하며, 고온의 연소가스에 노출되는 부분은 열전도가 매우 높은 가능한 얇은 판에 냉각 채널을 가공하고 그 위에 외피를 덮어 써워야 하며 용접에 이상이 발생하면 대형사고로 이어지게 됩니다. 인젝터는 설계된 추진제를 연소에 적합한 크기의 입자로 연소실에 분사하는 장치로서 대형 엔진의 경우 수천개가 combustion head에 장착되었으며, 인젝터의 제작과 이를 head에 장착하기 위해서는 정밀용접을 요합니다.

우리는 자본주의 체제하에 있기 때문에 경제성이 미흡한 분야에 관심을 기울이지 않는 것은 지극히 당연한 현상입니다. 우주발사체의 경우, 국내 소요에만 국한한다면 경제성은 거의 없다고 할 수 있으나, 발사체에 대한 수요가 증가하면서 이제는 이를 경제적으로 생산 할 수 있는 방향으로 선진국들은 개발을 진행 중입니다. 특히 이동통신과 관계된 중 소형 위성을 위한 발사체는 그 가격이 2000 만불 정도가 가장 최적이라고 하며, 이를 위해 국제협력 방안을 모색하고 있습니다.

저는 언젠가 한중일 삼개국이 협력하여 발사체를 생산한다면 세계시장에서 경쟁력이 있는 제품을 개발 할 수 있을 것으로 생각합니다. 현 상태에서는 여러 가지 국제적 여건으로 불가능한 것 같으나 결국 문화적으로 동질성이 있고, 기술력, 자금력 및 충분한 인적 자원, 그리고 자국의 이익을 위해서라면 무슨 짓이던 서슴없이 행하는 냉혹한 국제정세를 고려한다면 극동 삼국의 협조는 어쩌면 살아남기 위한 절대적 과제라 할 수 있을 것입니다.

이러한 잠재적 가능성도 고려하여 용접전문가 여러분의 우주발사체에 대한 관심을 다시 한번 부탁드립니다.