

# 熔接技術 現 況

## 한국의 용접재료 현황과 전망

孫 炳 榮

前 朝鮮線材(株) 常務

### 1. 개 요

우리나라의 용접재료는 산업구조 및 그 발전 속도와 용접재료 제조업체의 기술 및 연구개발 수준과 더불어 발전하여 왔다. 용접이 본격적으로 이용되기 시작하여 약 40년이 경과 되고 용접재료 제조업체가 현대적인 제조설비를 도입하여 체계적으로 용접재료를 생산하고 개발하기 시작하여 30년이 경과 되었다. 용접재료가 量 및 質에 있어서 비약적인 발전을 이룩할 수 있는 계기가 마련된 것은 제1차 경제개발 5개년 계획의 수립과 추진으로 다양한 종류의 수요창출과 높은 수준의 품질이 요구되면서 부터다. (표1. 참조)

1970년대에 조선공업등 강구조물을 주류로하는 量적 수요 증가의 기반이 조성되고 화학 플랜트, 원자력 발전등의 건설이 주축이 되어 관련 주변 기술이

발전하므로서 용접재료의 품질보증 SYSTEM 확보등 기술 발전의 획기적인 轉機를 맞이하게 되었다. 용접재료용 고품질의 원재료 및 일부 부재료가 국산화되고 용접재료 제조업체의 연구소 설립과 기술 및 연구개발 인력 확보, 그리고 대학 및 관공 연구소에서 용접재료 관련 연구의 활성화에 힘 입어 용접재료 기술은 국내 자체 기술로서 정착하게 되었다.

1941년 용접봉의 FLUX를 手製로 피복한 피복아크 용접봉 (일미나이트계와 고산화철계의 혼합계통) 년산 17톤을 생산하기 시작하여 현재 년 12만톤을 생산하는 장족의 발전을 하게 되었다. (그림1 및 표2. 참조)

특히 1985년 부터 1991년 까지 용접재료의 고도성장은 類例가 없었던 기간이지만 1992년부터는 수요가 진정되고 경제의 불황이 예고되면서 저성장추세는 상당기간 지속될 전망이다.

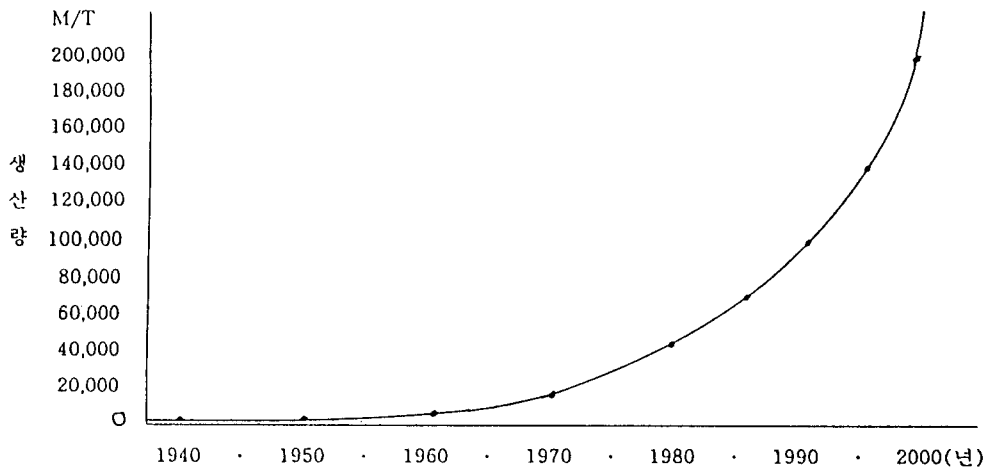


그림1. 용접재료 수요추세

표1. 용접 재료 관련 중요 사항의 연혁

	년도(년대)	중요 사항
1	약200년전	금속의 주, 단조 및 단접(삼국시대, 범종, 마구등)
2	1900년대	극히 일부분에서 용접을 이용하기 시작함 <ul style="list-style-type: none"> <li>· 경인 철도 부설(1899)</li> <li>· 경부선 철도 부설(1905)</li> <li>· 부산 철도 차량 정비장 개설(1904)</li> </ul>
3		한국 최초의 용접 재료 생산 (인천 조선 화공(주)) <ul style="list-style-type: none"> <li>· 피복 아크 용접봉 17톤/년 생산</li> <li>· 산소-아세틸렌 가스봉 8톤/년 생산</li> </ul> 용접을 하기 시작함(일반 산업계)
4	1950	용접 공학의 체계적 정비 착수 <ul style="list-style-type: none"> <li>· 기계 학회 창립 (1945)</li> <li>· 금속 학회 창립 (1946)</li> <li>· 조선 학회 창립 (1954)</li> </ul> 용접 재료 업체 용접봉 압출 도장기 수입 설치 (1955)
5	1962	제 1차 경제 개발 5개년 계획 수립 추진 <ul style="list-style-type: none"> <li>· 울산 공업단지 조성가동</li> <li>· 용접 재료업체 4개사 경쟁체제 돌입</li> <li>· 일미나이트계, 고산화티탄계 개발 국산화</li> </ul>
6	1967	제 2차 경제 개발 5개년 계획 수립 추진 <ul style="list-style-type: none"> <li>· 미국선급협회(ABS) 국산 용접재료 품질 인정</li> <li>· 국산 용접 재료 KS 표시 허가 획득</li> </ul>
7	1972	제 3차 경제 개발 5개년 계획 수립 추진 <ul style="list-style-type: none"> <li>· 대한조선공사 PANKOREA호 전국산 용접재료 사용 건조 진수 (1970)</li> <li>· POSCO 제1기 공사확공 (1970)</li> <li>· POSCO 제1호 고로 국산 50Kgf/mm<sup>2</sup>급 고장력강용 용접봉 채용건설</li> <li>· 저합금강용, 스테인리스강용 용접봉 개발, 수요 증가</li> <li>· CO<sub>2</sub> 아크용접용 및 서브머지드 아크 용접용 와이어 개발생산 (1975)</li> <li>· 대형 선박 건조에 오토콘, 그래비티 능률 용접봉 채용</li> </ul>
8	1977	제 4차 경제 개발 5개년계획 수립추진 <ul style="list-style-type: none"> <li>· POSCO에서 용접봉용 심선재 개발 (1979)</li> <li>· 서브머지드 아크용접용 플럭스 개발 (1980)</li> </ul>
9	1982	제 5차 경제 개발 5개년 계획 수립 추진 <ul style="list-style-type: none"> <li>· 원자력 발전소 건립 재료 업체 품질보증 체계도입(QSC발급)</li> <li>· 비철계(알루미늄, 동 및 동합금, Ni합금) 용접재료 수요증가, 연납재료 국산화</li> <li>· 해양 구조물용 극저온 용접봉 개발</li> </ul> 용접학회 창립(1982) <ul style="list-style-type: none"> <li>· 회원 1500명, 학회지 10권 3호 발행</li> <li>· 학회 주관 용접 전시회 개최 (1988)</li> <li>· IIW가입</li> </ul>
10	1987	제 6차 경제 개발 5개년 계획 수립 추진 <ul style="list-style-type: none"> <li>· TMCP강 개발</li> <li>· 전자빔 용접장치, 레이저 용접장치 프라즈마 용접 장치 도입가동</li> <li>· 스테인리스 강재 일관공정 생산체제 완비</li> </ul> 용접공업협동조합 창립(1987) <ul style="list-style-type: none"> <li>· 조합 및 학회 합동으로 용접전시회 개최 (1989)</li> </ul>

표2. 용접재료 생산, 출하실적

단위: 톤

구분 년, 월	생 산	출 하			재 고
		수 출	내 수	계	
'91 (누계)	120,913	29,060	93,295	122,355	3,315
'91 (1-6)	59,730	15,046	42,461	57,507	6,980
'92 5	10,534	2,100	8,930	11,030	2,139
'92 6	12,900	1,532	8,671	10,203	4,836
'92 (6-1)	66,642	14,669	50,452	65,121	4,836
전월대비(%)	22.4	-27.0	-2.9	-7.4	126.0
전년동월대비(%)	11.5	-2.5	18.8	13.2	-30.7

(자료출처: 한국철강협회)

최근 우리나라는 생산가공비와 제조원가의 급격한 상승의 결과로서 산업구조의 재편성까지 진단되고 있는 시기에 중화학공업 및 그 관련산업과 용접가공도가 높은 산업이 침체되면서 환경문제, 에너지문제, 고용문제등의 주변 여건이 크게 변하였다. 이와같이 급변하는 산업및 사회의 여건변화 속에 용접재료도 量, 質, 種類에 큰 변화를 맞게되고 이에 대응하는 용접재료의 기술도 큰 전환기를 맞이하게 될것이다. 용접재료의 수요를 장기 예측하는데 있어서 용접관련 주변 산업이 영향을 다각적으로 분석, 평가하여 원용하는데 예를 들면 2000년 까지 세계의 철강 생산량과 용접 구조물의 성장추세를 척도로하여 예측할수 있고, (표3. 참조)

조강소비량과 용접재료의 수요 비율을 예측할수 있으며 (표4. 참조)

표4. 조강및 용접재료 생산실적

단위: 톤

년도	항목	조강(A)	용접재료	B/A X 100
1980		8, 588, 332	50, 558	0. 59
1982		11, 758, 016	73, 636	0. 63
1984		13, 034, 421	81, 724	0. 63
1986		14, 554, 549	78, 573	0. 54
1988		19, 117, 761	94, 485	0. 49
1990		23, 124, 814	108, 510	0. 47

표3. 세계철강 생산량 및 용접 구조물의 추정치

(단위: 백만톤)

구분 년 도	철강생산량	용접구조물량
1970	770	334
1975	920	400
1980	1,250	545
1990	1,500	650

용접재료의 수요도 예측할수 있다. (표5. 참조)

그런데 실제로 여기서 예측한 수치는 그후 1,2차 오일·쇼크를 맞이 하면서 당해년에는 크게 빗 나가게 되기도 하였다.

우리나라의 용접 및 용접재료의 품질과 기술 수준은 주변기술의 발전과 산업구조및 수요환경의 영향을 크게 받을 것이며 용접기술의 본질 (또는 접합기술의 본질) 과도 큰 연관성을 갖게 될것이다. 현재 우리

표5. 용접재료의 수요예측

구분	년 도	1 9 8 1	1 9 8 5	1 9 9 0	1 9 9 5	2 0 0 0
조강수요		11, 300	16, 100	23, 253	30, 950	37, 534
증가율(%)		-10. 6	10. 6	8. 9	6. 6	4. 3
용접재료수요		56, 500	80, 500	116, 270	154, 800	187, 670

(출처: 상공부, 단위: 조강=천톤, 용접재료=톤)

나라에 있어서 산업구조의 변화는 노동 집약적인 산업의 급격한 쇠퇴와 소위 3D 작업현장에서의 작업자의 이탈, 용접가공 원가의 급격한 상승, 그리고 용접재료 제조업계에 있어서 기초 및 R&D SYSTEM 구축의 지연 등으로 용접재료의 질적 발전에 일대 전환기를 맞게 될 시기로 볼 수 있다.

## 2. 현 황

### 2.1. 용접 방법과 용접재료

우리나라는 용접을 이용하기 시작한 연혁으로 보아서 피복아크용접 재료의 꾸준한 수요의 성장과 그 점유율이 현재까지도 60%까지 높게 유지되고 자동 및 반자동화 비율이 낮고 부진한 상황은 특히 주목할 필요가 있다고 본다. (표6. 참조)

표6. 각국의 용접 재료 종류별 사용 비율  
(단위: %, 1990년)

종류	구분	유럽	미국	일본	한국
피복아크 용접봉		31	43	25	61
솔리드 와이어		55	32	48	22
FCW		4	16	16	10
서브머지드 아크용접재료		10	9	11	7
계		100	100	100	100

현재의 산업계의 여건으로 보아서 자동 및 반자동 용접의 수요가 증가되어야 하나 피복아크용접봉의 상대적 저가격과 편이성 때문으로 해석할 수 있다. 실제로 피복아크용접 재료는 이미 확보된 품질보증 체계와 기능의 숙련성, 용도의 다양성으로 상당한 기간 동안 수요의 평형은 유지될 전망이다. 용접의 자동 및 반자동화는 기기 장치 SYSTEM의 상대적으로 높은 가격이 대폭 저렴해지고 JIT 조달이 용이해지면 수요는 급격히 증가할 것이다. 수요 패턴에서 주목할 사항은 피복아크용접재료 중에서 경구조물용인 고산화탄소계(E4313) 용접봉의 수요가 65% 인 것은 현장 용접에 있어서 작업성 위주의 선호경향과 그동안 용접재료 제조업체의 품질개선으로 중, 후판 영역까지 사용 범위가 확대될 수 있음을 보여주고 있다. 그러나 산성 SLAG와 용접금속의 수소에 의한 잠재 결함에 대해서는 유의할 필요가 있다. (표7. 참조) 용접금속의 연신율, 충격치(흡수에너지) 등 강도와 수소의 영향 등의 한계성과 용

표7. 피복아크 용접봉의 피복계열별 생산비율 비교  
(한국, 일본)

(단위: %)

종류	구분	한국	일본
고산화탄소계		66	10
라임탄산나트륨계		-	30
일미나이트계		12	22
저수소계		15	30
철분산화철계		5	4
기타		2	4

접구조물의 안전성 때문에 염기성 저수소계 용접봉의 대체는 30% 수준까지 점유하게 될 것으로 예측된다. CO<sub>2</sub> 아크용접 (SOLID 및 FCW)은 용접기의 INVERTER, PULSE 화와 관련 SYSTEM의 자동화 그리고 JIG 등이 다양하게 개발되어 보편화 되면 용접의 품질, 용접의 제조원가, 생산성, 작업성 등의 이점 때문에 점유율이 40%까지 변하게 될 것이다. FCW는 몇년간의 단기간 내에 수요가 10%까지 점유하게 된 것은 조선공업 분야가 그 기반이 된 특수성도 있지만 FCW가 가진 특수성과 가격경쟁력 그리고 다양한 품종이 개발되면 수요는 산업용기계와 육상 구조물 분야까지 확대될 전망이다. 대형 구조물 제작에 있어서 극 후판 및 후판의 전자 빔 용접, 레이저 용접이 현장 시공을 할 수 있게 실용화되고 장치의 경제성이 확보될 수 있을 때는 용접재료의 수요 구조에 커다란 변화를 가져오게 될 것이다. 또한 마찰용접과 확산용접 등과 종래의 각종 용접법, 그리고 신용접법이 결합된 복합 기술로서의 새로운 용접기술이 개발되면 용접재료의 수요나 기술이 큰 도전을 받게 될 것이다.

### 2.2. 용접재료의 품질과 종류

용접재료의 품질향상은 용접성이 우수한 강재의 개발에 힘 입은바 크며 피복아크용접 재료의 경우 고장력강용, 저합금강용(저온 및 고온용) 아크용접에서 서브머지드 아크 용접과 FCW 용접의 수요 증대와 더불어 재료 제조업체의 연구 개발 인력의 확보와 능력의 배양은 1980 년대에 확충되었다. 극저온용 용접재료의 개발과 원자력 발전소 건설용 용접재료의 품질보증체 확립 등은 용접재료 제조업체의 기술수준을 구체적으로 인정 받는 계기가 되었다. 저수소계 용접봉의 작업성 향상과 철분 저수소계 용접봉의

개발로 저수소계 용접재료의 점진적인 일반 용접봉화 경향은 앞으로 더욱 진전될 전망이다. SLAG-용접금속간의 반응과 야금학적 해석과 화학적 합금성분의 배합 기술, 공정에 있어서 수소원 제거기술은 염기성 극저수소계접재료의 적용분야를 확대하는 기초를 마련하게 되었다. 고전류용 CO<sub>2</sub> 아크 용접용 Solid Wire의 소재는 품질의 우수성이 국제적으로 인정을 받고 있으며 신선가공, 열처리, 도금방법, 대용량포장방법의 개발과 개선은 Wire 송급의 재현성, 우수한 작업성에 반영되어 ROBOT 용접에 있어서 품질의 우수성이 충분히 발휘되고 있다. Metal계 FCW의 개발은 앞으로 FCW의 수요 영역 확대에 크게 기여 하게 될 것이다. 서브머지드 아크 용접용 고온 소결형 FLUX의 다양한 종류의 제품개발과 품질 안정은 고전류, 후판 용접의 능률향상과 신뢰성을 향상시켜 조선, 교량, 고층건물등 중구조물의 설계와 시공의 신뢰성 향상에 크게 기여 하였다. 표면경화 육성 용접은 피복 아크 용접에서 서브머지드 아크 용접과 FCW 용접으로 이행하였고 FCW에 의한 Wear Plate 제작은 Cladding 이중 구조용 소재 개발의 길을 열어 놓았다. 경도 Rc 60 이상의 고경도 CrC, WC 계 내마모용 FCW의 국산화는 시멘트, 증장비, 발전설비, 제강설비등의 중요 마모부분의 경화육성 보수 용접재료로서의 위치가 확고해질 것이다.

Ni 계는 주물용에 머르고 있으나 Ni 합금의 다양한 소재 개발과 함께 용접재료의 개발이 금후의 과제이다. 수술기기, 생활용품, 건축자재, 초저온 구조물용의 소재 분야에서 알루미늄의 수요는 급속히 증가하고 있고 용접시공등 용접기술의 기초 연구는 매우 활발하나 용접재료의 개발과 실용화는 초기단계에 있다. 스테인리스강용 용접재료는 피복아크용접재료, MIG, TIG, FCW등 량과 質에 있어서 다양한 수요에 부응하고 있다. 연납 및 경납 재료와 FLUX는 초정밀용과 복합소재용을 제외하고는 품질과 종류에 있어서 국제경쟁력을 갖 추고 있다. 용접재료 종합제조 업체가 현재 생산하고 있는 금속재료별, 용접방법별 BRAND의 종류는 약 180~200개에 이르고 있다.

### 3. 전 망

용접재료의 대량소비는 선박, 차량, 압력용기, 철골, 중전기, 컨테이너 등 철강의 가공제품 중심으로 이루어져 왔다. 경제정책의 고도 성장지향과 중화학

공업 육성 시책이 지속되고 2000년까지 용접재료의 수요는 년 약 6% 성장이 지속될 전망이다. (표5. 참조) 고속전철, 장대철골교량, 초고층건물등 대형구조물의 건조에 있어서 용접구조물의 용접결합과 파괴사고와 관련 균열방지등 용접구조물의 신뢰성 향상을 위한 용접재료의 품질은 더욱 향상되고 안정 하여야 할것이다. 따라서 용접설계, 용접시공, 비파괴검사등 관련 분야의 전문가와 밀접한 협력으로 용접의 최적화 생산 SYSTEM 구축을 위한 용접재료의 역할을 깊게 인식하여 용접재료의 개발과 연구의 기술적 정보화 NETWORK 구축을 추진 해야 할것이다. 피복아크용접재료는 염기성 저수소계를 주축으로하여 내열강용, 극저온강용, 60Kgf/mm<sup>2</sup> 급 이상의 고장력강용등 난흡습과 극저수소계는 품질의 고도화를 더욱 확충해야 할것이다. CO<sub>2</sub> 아크 용접용 Solid Wire는 60 Kgf/mm<sup>2</sup> 급이상의 원재료 소재가 개발되어야 하고 용접의 자동화와 ROBOT 화 SYSTEM 구축을 위해서 Wire의 고정밀 가공이 이루어 져야 할 것이다. 서브머지드 아크용접재료의 당면한 과제는 저 전류용인 용융형 FLUX의 개발로 경구조물과 압력용기등의 다양한 수요를 충족해야 할것이며 내후성강용, 저온강용, 내열강용, 스테인리스강용, 표면 경화육성용, 니켈및 니켈합금용등의 FLUX도 개발되고 품질의 고도화도 이루어야 할것이다.

앞으로 산업기계및 대형 구조물 건조용 후판용접에 레이저 및 전자범 용접 기술이 현장용접으로 실용화되고 장치의 가격이 상대적으로 경쟁력을 갖게 되면 용접법에 의존하는 추세를 예견 할수 있을 것다. 자동차등 수술기 산업에서 고도의 정밀 용접구조와 각 부품의 정밀화를 위해 마찰용접, 프로젝션용접, 전자범용접, 레이저용접, 납땜등의 비율이 높아지고 알루미늄, 마그네슘합금의 적극 채용으로 경량화가 추진되면 철강재용 용접재료의 사용비율은 감소될 것

표8. 용접법의 사용비 추정치

(단위: %)

구분 년 도	용 접	전기저항용접	신용 접법
1 9 7 0	6 9 . 1	2 7 . 1	3 . 8
1 9 7 5	6 6 . 1	2 9 . 9	4 . 0
1 9 8 0	6 2 . 9	3 2 . 6	4 . 5
1 9 9 0	5 7 . 9	3 5 . 5	6 . 6
2 0 0 0	5 3 . 0	3 9 . 0	8 . 0

(출처: 11W창립 25주년 기념강연 특집)

이다. (표8. 참조)

CO<sub>2</sub> 아크용접 (Solid 및 FCW)은 상당기간 수용증가를 유지할것이지만 품질의 정밀도와 작업환경문제등으로 저항용접, 마찰용접, 프라즈마 아크용접등의 방법으로 상당한 수준까지 대체될 전망이다. 앞으로 예상되는 용접가공 공업에 있어서 기술문제와 더불어 해결해야 할 숙제로 예상되며 실제로 성 에너지와 용접의 원가절감을 위해 용접방법의 개선과 용접이음의 효율향상에 부합되는 좁은 홈공법등의 추진은 용접재료의 수요 감퇴를 가져오게 될것이다. 철강재 이외의 알루미늄, 티타늄, 지르코늄, 텅스텐, 몰리브덴, 탄탈등의 비철금속및 그 합금의 수요 증가와 더불어 TIG, MIG 용 용접재료의 수요도 증가 할 것이며 이들의 접합으로서 전자빔, 고상접합등의 실용화 기술도 개발될 것이다. 복합재료, 세라믹등의 신소재의 접합에

있어서 새로운 접합재료와 접합기술의 개발이 시급히 요구될 전망이다. 분체 플라즈마아크 용접용 재료는 안정된 유동성, 우수한 작업성, 다양한 분말 입도를 갖춘 고풍금계가 개발 되어야 할것이다.

#### 4. 맺 음 말

용접재료의 기술은 접합기구, 용접 에너지, 환경부식, 이음의 거동 피로파괴현상등 용접공학 분야와 밀접한 연관성을 갖는 동시에 제조에 있어서 공정관리 기술도 점차 전문성을 갖는 기술로 발전하고 있으므로 연구의 전문화가 필요한 시기에 와 있다. 연구개발 인력의 확보와 저변확대는 시급한 문제이며 연구의 전문화와 효율화는 용접재료 제조업체 스스로가 개척해야할 과제이다.