

碩士學位論文

容接彫刻의 特性 및 材料에 관한研究



濟州大學校 大學院

美術學科

宋在景

2006年 2月

碩士學位論文

容接彫刻의 特性 및 材料에 관한研究



濟州大學校 大學院

美術學科

宋在景

2006年 2月

容接彫刻의 特性 및 材料에 관한研究

指導教授 金 昉 熙

宋 在 景

이 論文을 美術學 碩士學位 論文으로 提出함

2005년 12월

宋在景의 美術學 碩士學位 論文을 認准함

審査委員長 _____ ①

委 員 _____ ①

委 員 _____ ①

濟州大學校 大學院

2005年 12月

<抄錄>

容接彫刻의 特性 및 材料에 관한研究

宋 在 景

濟州大學校 大學院

美術學科 彫刻專攻

指導教授 金 昉 熙

인류가 처음으로 철을 사용한 것은 기원전 4천년쯤 소아시아 지역에서부터 비롯되었다. 이러한 철기 문화의 발달은 인간에게 행복 추구의 이면에 한층 진보된 전쟁의 양상을 선보이면서 미술에 대한 시각에도 상당한 변화를 불러 일으켰다. 본 연구에서는 이처럼 전후의 시대적 상황 변화에 따라 발생한 현대조각의 개념을 바꾸어 놓은 용접조각을 조각사적 과정에서의 그 의미와 특성을 살펴보며, 금속을 다루기 위한 용접의 기술적 측면 및 재료에 대한 구체적인 고찰을 하였다.

용접기술이 전후(戰後) 급속히 전 세계로 보급되면서 그로인한 용접조각은 크게 성행하게 되었는데, 작품 제작과정에서 발견되는 우연적인 효과로 표면에 다양한 질감을 낼 수 있어 '살아있는' 표현적인 작품을 제작할 수 있게 되는데 이 역시 앵포르멜(informel) 과 추상 표현주의(Abstract Expressionism)가 유행하던 전후에 용접조각이 크게 확산될 수 있었던 계기가 된다.

스페인의 줄리오. 곤잘레스(Julio Gonzalez, 1876~1942)는 전후에 일반화된 철조각의 선구자중 한사람으로서 높이 평가 되고 있는데, 그가 용접한 강철을 이용하여 색다른 아름다움을 선보임으로서 조각은 새로운 형태와 개념을 추구하였고, 발견된 오브제(fond object)를 조립 제작하고 큐비(Cubi) 연작을 만들어 낸 데이비드 스미스(David smith 1906~1965), 그리고 피카소(Pablo Picasso

1881~1973)등이 용접조각의 선구적 역할을 하였다.

용접은 철, 동, 스테인리스 스틸 등의 금속을 모재(母材)로 하여 불꽃으로 용접봉을 녹여 연결하거나 모재 자체를 직접 녹여 형상을 만드는 방법이다. 철의 합금에 대한 연구가 20세기에 들어와서 꾸준히 지속되었고, 이러한 상황들을 이용하여 1913년 개발된 스테인리스 스틸이나, 녹슬지 않는 철로 알려진 내후성(耐朽性) 강재(鋼材)는 조각에 지대한 영향을 미치게 된다.

우리가 현재 조각에 사용되고 있는 금속들은 철(鐵, iron), 구리(銅, copper), 황동(黃銅, brass), 청동(靑銅, bronze), 알루미늄(aluminum)등이며 나머지 금(gold), 백금(platinum)과 백금족, 은(銀, silver), 단동(丹銅, tombac), 길딩메탈(gilding metal), 뉴-골드(Nu-Gold), 백동(白銅, nickel silver), 놋쇠(유기, 鑄器), 오동(烏銅), 샤쿠도(shaku-do) 쿠로미도(黑銅, kuromido), 니켈(nickel), 아연(zinc), 납(lead), 주석(tin), 퓨터(pewter, Britannia metal), 화이트메탈(white metal), 니오비움(niobium)과 탄탈럼(tantalum)등은 아직까지는 금속공예에 국한되어 사용되고 있다. 이렇듯 조각의 재료로서 금속은 초기 용접조각에서 비롯된 철에 국한되지 않으며 현재에 와서는 다양한 금속들에 그 기법들이 실험적으로 적용되고 있는 추세다. 이러한 현상들을 가능케 하는 것은 물론 다양하고 최선의 기능을 갖춘 공구 즉, 특수용접 및 절단장비 등이 보급됨에 따라 가능한 일이다.

금속과 금속을 이어서 하나로 만드는 방법은 기계적 접합법과 야금적 접합법으로 나뉜다. 기계적 접합법 볼트(bolt), 너트(nut), 키(key), 코터(cotter), 리벳(rivet) 등으로 나뉜다. 야금적 접합법은 금속과 금속을 충분히 접근시켜 생기는 원자 사이의 인력으로 접합하는 것으로 용접(fusion welding), 단접(forge welding), 납땀 등 일반적으로 말하는 용접이 여기에 포함된다. 용접에는 다시 금속 자체의 접합부를 국부 가열하여 녹여서 접합하는 가스용접, 전기(arc)용접, 원자수소 용접, 테르밋 용접법이 있다. 본 연구에서는 조각에 활용할 수 있는 여러 용접법 가운데 야금적 접합법, 즉 용접과 납땀법 등의 일반적 이고 보편화된 장비의 사용법에 대해서 살펴 보았다. 이 중에서 조각 작품 제작에 많이 쓰이는 용접 방법은 가스 용접과 전기 용접으로 가스 용접에는 연료를 프로판 가스, 천연 가스, 액화수소가스 등을 사용할 수 있으며, 보통으로는 아세틸렌을 사용하는 산소-아세틸렌 용접(oxy-acetylene

welding)을 쓰고, 산소용접이라고 부른다.

전기 용접은 전극 사이의 방전에 의한 아크를 만들고 그 발열에 의하여 금속을 녹여 용접하는 방식을 말하며, 아크용접, 비활성 가스 용접 등으로 또 나눈다. 이 중 피복이 된 용접봉(coated electrode)을 사용하는 피복금속 아크용접을 일반적으로 아크 용접이라고 한다. 최근에 와서는 불활성 가스를 사용하는 전기 용접을 많이 사용한다. 이중 텅스텐 봉을 전극으로 사용하고 아르곤 용접으로 상품화된 티그(TIG, tungsten inert-gas arc welding)용접과 모재와 동일 재료인 와이어(wire) 모양의 금속선재를 전극으로 하는 미그(MIG, metal electrode inert-gas welding)용접과 아르곤 대신 이산화탄소를 사용하는 이산화탄소 아크 용접이 있다. 납땀은 모재를 녹이지 않고 용재의 화학적 결합력과 물리적 점착력을 이용하여 금속을 용접하는 방법을 말한다.

새로운 조각의 시작은 피카소, 곤잘레스, 스미스가 그러했듯이, 과거의 학습에 의한 표현의 반복이 아니라 끊임없는 새로움에 대한 재인식에 의해서 비롯된다. 금속조각의 표현에 있어서 작가 스스로의 지속적인 연구와 실험적 작업에서 새로운 금속재료의 접목을 시도하고 다양한 장비의 적절한 기법 도입 등을 통하여 기존의 용접조각 제작 과정에서의 한계를 극복함으로써 또 다른 ‘새로운 조각’의 전개를 기대해 본다.

目次

<초록>	i
I. 서론	1
II. 용접조각의 형성과정 및 조형적 특성	5
1. 현대조각에서의 용접조각형성과정	5
2. 용접조각의 조형적 특성	16
III. 용접 조각의 재료와 금속의 종류	20
1. 용접 조각의 재료	20
2. 금속의 종류	24
IV. 용접의 특성 및 일반적 분류	32
1. 용접의 특성	32
2. 용접의 일반적 분류	40
1) 가스 용접법	40
2) 금속 아크 용접법(Matal arc welding)	44
3) 불활성 가스 텅스텐 아크 용접법(TIG)	47
4) 불활성 가스 금속 아크 용접법(MIG)	49
5) 이산화탄소 아크 용접법(CO ₂ gas shield arc welding)	51
6) 납땀법(Soldering, Brazing)	52
3. TIG, MIG 용접의 재료별 특성	53
V. 결론	57
참고문헌	60
참고도판	62
<Abstract>	69

도판목차

- 도1. 라쏘우, 「공간의 밀도」, 철, 1967.
- 도2. 피카소, 「압생트 술잔」, 브론즈, 스푼오브제, 1914.
- 도3. 에펠, 「에펠탑」, 철, 1889.
- 도4. 타틀린, 「제3인터내셔널 기념탑」, 철 /모형, 1920, 스톡홀름 미술관.
- 도5. 칼더, 「모빌」, 철, 철사, 119x132cm, 1950.
- 도6. 곤잘레스, 「천사」, 철, 167.7cm, 1930~32, 파리 국립근대 미술관.
- 도7. 리폴드, 「천국의 새」, 금, 철사 높이 55.9cm, 1994, 뉴욕 록펠러 재단.
- 도8. 피카소, 「정원의 여인」, 철, 1929~30.
- 도9. 피카소 「철사 구성」, 철, 1930.
- 도10. 피카소 「여인의 머리」, 채색된 철, 1931, 런던 테이트 갤러리
- 도11. 피카소, 「조각을 위한 드로잉」, 종이에 펜, 38x31cm, 1928, 제네바 장크루지에 화랑.
- 도12. 오펜하임, 「모피속의 점심식사」, 털로 덮힌 컵, 쟁반, 숟가락, 1936.
- 도13. 뒤샹, 「병걸이」, 오브제, 높이 64cm, 1914, 밀라노 슈바르츠 갤러리.
- 도14. 슈비터스, 「메르츠 회화-25A; 별이 있는 그림」, 79x104cm, 1920, 뒤셀도르프-베스트팔렌 미술관.
- 도15. 스미스, 「큐바이」, 스테인리스 스틸, 287x55x52.5cm, 1964, 런던 테이트갤러리.
- 도16. 「산소-아세틸렌의 불꽃」
- 도17. 「가스 용접기」
- 도18. 「위이빙 비드」
- 도19. 최의순, 「像」, 철, 110x80x120cm, 1963, 작가소장.
- 도20. 「아크의 길이」
- 도21. 「TIG용접의 원리」
- 도22. 송재경, 「The Island-오름(부분)」, 스테인리스, 동, 65x20x37cm.2005.
- 도23. 「MIG용접의 원리」
- 도24. 송재경, 「The Island-오름」, 스테인리스, 동, 41x17x30cm.2005.
- 도25. 「용가봉 수용접」
- 도26. 송재경, 「The Island-섬사람」, 철, 동, 제주석 65x20x37cm.

표 목 차

- 표1. 독일식 (A형) 텃.
- 표2. 프랑스식(B형)텃.
- 표3. 가스결함의 원인과 대책.
- 표4. 용접봉의 크기와 아크길이의 조건.
- 표5. 스테인리스강의 TIG용접전류.
- 표6. 알루미늄, 알루미늄합금 TIG용접전류.



I. 서론

1. 연구의 목적

1914년 유럽 각국에서 첨예하게 대립 되어온 경제적 갈등과, 프랑스 혁명부터 자리 잡은 민족주의에서 비롯된 정치적 원인으로 인해 발발한 1차 세계대전과 1939년 세계 대공황에서 벌어진 제2차 세계대전은 인간의 의식에 커다란 변화를 가져왔다. 대량 살상 무기의 개발에 이용된 과학과 테크놀로지의 발달에 대한 부정적인 시각이 팽배했으며 인간의 본성에 대한 의문이 제기되기에 이른다. 이러한 전쟁의 충격은 미술표현에서도 급격한 변화를 초래했다. 특히 제2차 세계대전의 그 느낌은 제1차 세계대전 때와는 사뭇 달라서, 제1차 세계대전 이후에 있었던 러시아 구성주의(Constructivism)¹⁾, 네덜란드의 드 스틸(De Stijl) 운동²⁾, 독일의 바우하우스(Bauhaus)³⁾ 등과 같은 미래지향적인 미술운동을 찾아보기 어려웠는데, 이는 미술과 기술을 통합함으로써 모든 사회구성원에게 도움을 줄 수 있을 것이라는 유토피아적인 꿈을 꾸는 사람이 없었기 때문이다.⁴⁾

서양미술사 서술에서 제2차 세계대전을 미술사 흐름의 전환점으로 삼는다거나

- 1) 제1차 세계대전을 전후하여 러시아에서 건축, 조각, 회화, 공예의 여러 분야에 걸쳐 일어난 전위적인 추상미술 운동. 외계의 대상에 대한 재현을 일체 거부하고, 순수한 모습으로 환원된 조형 요소의 조합으로써 작품을 구성하려는 의도를 지니고 있다. 조각, 회화에 있어서는 기하학적 추상주의로 이어지는데, 특히 건축과 조각에 있어서는 금속, 유리, 그 밖의 근대 공업이 나온 새로운 소재를 구사하여, 참신한 공간 표현을 하였다.
- 2) 원래는 네덜란드어로 '양식'이라는 의미. 1917년 반 뒤스버그는 동명의 미술 잡지를 창간하여 몬드리안의 신 조형주의를 강력히 옹호하고, 새로운 조형예술 운동을 전개하였다. 드 스틸 운동은 단순히 회화에서만 국한된 것이 아니라 조각, 건축, 디자인 등 각 분야에 걸쳐 신조형주의의 원리를 넓히려 한 것으로, 네덜란드는 물론이고, 양 대전 사이에 유럽 예술 전체의 동향에 강한 영향을 주었다. 창간호 발간 후 11년만인 1928년에 잡지는 간행이 중단 되었지만, 그 후 1932년에 반 뒤스버그의 추도호(追悼號)가 1회에 더 간행되었다.
- 3) 1919년 건축가 그로피우스가 바이마르에 창립한 종합 조형학교 및 연구소. 건축을 주축으로 하여, 기능적이고 종합적인 새로운 미를 추구한 일종의 예술과 기술의 종합을 꾀하는데 그 이념과 목적이 있었다.
- 4) 김이순, 「현대조각의 새로운 지평」, 해안, 2005, p.14.

한국미술사에서 한국전쟁을 전환의 계기로 간주하는 것은 새삼스런 일이 아니다. 이는 두 전쟁이 단순한 연대상의 구분 이상으로 우리의 의식을 변화시켰기 때문일 것이다. 특히 추상표현주의에 대한 연구가 양식상의 혁신보다는 작품의 주제와 내용에 초점이 맞추어지면서 제2차 세계대전을 작품의 정신적 배경으로 파악하는 연구가 활발히 진행되고 있다.

추상표현주의 작가들의 자유스런 붓 자국을 금속으로 서예 다루듯 한 라쏘우(Ibram Lassaw, 1913~2003)의 작품 「공간의 밀도」 등은 색다른 재료에서 전환되었다.(도1) 퍼어버(Herbert Ferber 1906~1991)는 용접효과를 직접 시도 했는데, 아마도 이것은 잭슨폴록(paul jackson pollock 1912~1956) 같은 화가가 사용한 페인트의 자유분방한 효과와 비견(比肩)될 수 있는 것으로 보였기 때문이다.⁵⁾

단단한 덩어리만이 조각이 될 수 있다는 전통적인 개념을 금속조각의 용접 기법에 의해서 깨어지며, 이러한 혁신적인 기법으로 조각가들은 형식적인 관습이나 전통적인 미적 판단의 규범을 따르지 않고서 자유롭게 자신의 미술세계를 펼칠 수 있게 되었다.



이처럼 본 연구의 목적은 전후 시대적 상황의 변화에 따라 발생한 현대조각의 개념을 바꾸어 놓았을 만큼 주요한 '철조'(鐵彫)라고 일컬어지는 금속의 용접조각(welding sculpture 또는 direct-metal sculpture)을 조각사적 과정에서 그 의미와 특성을 살펴보고, 금속을 다루기 위한 용접의 기술적 측면 및 기법과 재료에 대한 구체적인 고찰에 있다.

5) Lucie Smith著, 김춘일 譯, 「현대미술의 흐름」 미진사, 1985, p.219.

2. 연구의 방법

재료 속에 잠재된 미를 발견하는 기술적인 힘은 바로 창조적 작업에 중요한 역할을 하는 것이 된다. 철의 도입은 전통적인 재료를 뛰어넘는 혁신을 초래하여 조각의 형식에 다양한 표현방법을 제시할 뿐만 아니라 재료 자체에서 조형적인 방법을 설정시킨다.

100년 남짓한 용접기술의 역사는 철강 산업에 혁신을 가져왔다. 두 금속을 손쉽게 연결시킬 수 있는 용접기술은 철의 사용을 무한히 확장 시키는 계기가 되었고 조각가들은 이러한 기술을 자신의 작품에 도입하여 독창적이고 전혀 새로운 개념의 조각을 발전시켰다.⁶⁾

청동, 철, 무쇠, 알루미늄과 같은 금속은 우리 문명의 상징적 재료이면서 조각을 위한 결정적인 장점을 지니고 있는데 이러한 재료들을 절단(cutting)하고, 용접(welding)하고, 주물(casting)을 뜨고, 광(polishing)을 내고, 부식시켜 색을 낼 수 있으며, 결국 가장 강한 돌보다 더 영구적인 성질을 띠게 되는 금속조각의 차별화 된 특성에서 본 연구는 기인(基因)한다.⁷⁾

본 연구는 현대미술에 있어서 용접조각의 형성과 그에 따른 시대적 배경을 살펴보고, 다양한 금속의 종류와 특성을 파악하는 한편 금속조각의 가장 보편적 기법인 다양한 용접기법을 중심으로 탐구하였다. 이 용접기법의 연구는 그것이 조각표현의 목적의식으로서가 아니고 표현의 한 수단으로써 방법적 연구의식에 그 의의를 두었다. 특히 현대의 조각가들에게 실험적이면서도 작업 가능함과 동시에 비교적 기초적이고 최근 다양하게 보편화된 여러 장비들을 이용한 용접기법에 대한 전반적 지식을 다루어 작가가 의도했던 작품을 표현함에 있어서 가장 최적의 기법을 적용할 수 있는 방법을 모색하였다.

연구의 진행방법을 살펴보면 제2장에서는 현대조각에 있어서의 금속조각의 형성과 시대적 배경, 그리고 총체적인 예술로서 발달되어온 현대미술 속에서 금속조각의 표현 영역을 주안점으로 고찰한다.

6) 김이순, 2005, 전계서, p.27.

7) Herbert Read著, 김성회譯, 「서양현대조각의 역사」 시공사,1998, pp.229~300.

제3장에서는 용접조각을 이루는 용접의 모재(母材)들에 대하여 살펴보고, 그 일반적 특성과 한계 및 분류를 해 본다. 또한 다양한 금속을 파악해 봄으로써 조각에 있어서 금속재료의 확장을 모색하려 하였다.

제4장에서는 금속을 이용한 용접 조각을 이루기 위한 용접의 특성과 이러한 용접조각의 조형적 특성을 알아본다. 끝으로 5장에서는 이상의 연구결과를 토대로 결과를 도출해냈다.

또한 단어의 사용에 있어서 '철'을 포함한, 전반적 의미의 '금속'이라는 단어에 대해서 '철'과 '금속'을 획일적으로 사용 하는 것을 지양하고 내용의 흐름에 맞게 적절히 유동적으로 사용하였으며 '금속조각'과 '용접조각'이란 용어 역시 그러하다.



II. 용접조각의 형성과정 및 조형적 특성

1. 현대조각에서의 용접조각형성과정

전후 상황에서 조각의 발전과정은 새로운 재료에 대한 끊임없는 실험이 있었으나 일관성 있는 ‘운동’의 전개는 없었다. 이처럼 전후 조각의 특징은 아무 운동에도 속하지 않는 경향, 즉 예술적 ‘자유사상’이다.⁸⁾

제2차 세계대전은 사람들이 믿어왔던 신념들, 특히 진보적인 과학, 테크놀로지, 유토피아적인 정치체제 등에 대한 믿음을 산산이 무너뜨렸으며 미술에 대한 시각에도 상당한 변화가 일어났다. 헨리 무어(Henry Moore, 1898~1986), 자코메티(Alberto Giacometti, 1901~1966), 바바라 헵워스(Barbara Hepworth 1903~1975), 장 아르프(Jean Arp, 1887~1966) 등 전쟁 전부터 활동하던 작가들이 전쟁 직후에도 여전히 평가를 받고 있었지만, 곧 새로운 세대가 등장했다. 제르맹 리시에(Germaine Richier, 1904~1959), 채드 워, 데이비스 스미스(David Smith 1906~1965), 테오도르 로작(Theodore J. Roszak 1907~1981) 등 새로운 세대의 작가들은 전쟁의 고통과 불안 같은 심리적인 갈등을 보다 직접적으로 표현했다. 이러한 분위기를 보다 강렬하게 표현할 수 있었던 것은 금속을 이용한 용접조각에 의해서 이다.⁹⁾

용접은 기술적으로 간단하고 그 도구나 재료 역시 쉽게 구할 수 있기 때문에 전후 급속히 전 세계로 퍼져나갔다. 영국의 버틀러(Reg Butler 1913~1981), 미국의 스미스나 로작처럼 이러한 용접에 관계된 일에 직접 종사했거나 전쟁을 경험한 작가들을 중심으로 용접조각이 활발히 제작되었던 것이다.

앵포르멜(informel)¹⁰⁾과 추상 표현주의(Abstract Expressionism)¹¹⁾가 유행하던

8) 상계서, p.219

9) 김이순(2005), 전계서, p.51.

10) 프랑스 비평가 M. 타피에가 주장하고 지도한 추상회화의 한 경향. 당시 프랑스의 추상미술에서는 서정추상이 지배적이었고, 미국에서는 그리는 행위 자체에 중요성을 두는 <액션페인팅>

전후에 용접조각이 크게 확산될 수 있었던 또 다른 요인은 전쟁에 의해 절대적으로 부족했던 조각의 재료를 대처할 수 있는 금속을 손쉽게 구할 수 있었으며 작품 제작 과정에서 강한 열에 의해 변형되고 용해되면서 생겨나는 우연적인 효과에 의해 다양한 질감을 표현 할 수 있다는 데에서 찾을 수 있다.

20세기에 접어들어 현대 미술은 혼란한 사회적 분위기와 사회, 경제, 문화 전반에 걸친 급격한 변화와 더불어 새로운 형식과 개념의 미술 사조가 끊임없이 생성되고 변화 발전하였다. 예술의 한 영역으로서 조각 역시 시대와 환경에 따라 그 표현 영역이 확장되어 왔다. 종전의 재현을 중심으로 양감과 사실감을 강조하던 전통적 조각 양식은 금속을 재료로 한 새로운 영역으로 발전 하였으며, 추상적 오브제를 작품에 도입하는 방식으로 방향이 전환 되었다.

피카소는 1904년 바토 라부아르에서 페르난데 올리비에를 만난 지 2년 후 그녀의 두상을 제작했다. 이작품은 일그러지고 조각난 표면처리 때문에 로댕의 인상주의적 기교가 연상되지만, 최초의 입체주의조각으로 평가받고 있다. 1912년경 피카소는 종이, 파지, 함석, 실, 철사 등 다양한 재료를 사용해 실험적인 작품을 제작했다.

19세기까지 사실상의 침체기를 벗어나지 못하고 있던 근대조각은 로댕(Francois Auguste Rene Rodin, 1840~1917), 브르델(Emile Antoine Bourdelle, 1861~1929), 마이올(Aristide Maillol, 1861~1944) 등에 의하여 독자적인 생명력을 가지고 새롭게 싹트고 있었으나, 그들의 작업 역시 대상이나 표현 방법에서 전통적인 조각의 개념을 타파할 만한 것은 되지 못했다. 반면 회화에서는 19세기 후반에서 추진한 미래파¹²⁾의 제1미래파 선언을 통해 과거와의 단절을 부르짖으며 그들이 세기의

이 새로 나타났다. <새로운 기호언어>를 활성화시키려는 목적을 가지고 추상미술의 새로운 모습을 보여주고자 하였던 비정형미술은 실존주의와 풍토가 같으며, 액션페인팅과 시대를 같이하는 운동으로서 기존의 미학을 폐기하고 동역학, 위상기하학, 집합론적 극미(極微)와 극대 등의 개념을 도입하여 <새로운 예술>을 창조하려고 하였다.

11) 일반적으로 1940년대와 50년대 미국 화단을 지배했던, 미국 회화사상 가장 중요하고 영향력 있는 회화의 한 양식을 가리킨다.

12) 미래주의는 제1차 세계대전 직전 이탈리아에서 일어나 전 유럽에 전파된 새로운 예술운동으로서, 1907년 2월 20일 피가로(Figaro) 잡지에 발표된 시인 마리네티(Marinetti)의 미래주의 선언을 기점으로 그 막을 올렸다. 마리네티는 과거의 전통을 존중하는 작가들을 '

최첨단에 있음을 주장하였다.

로댕 이후 조각은 조형예술로서의 자주성과 표현력을 회복하게 되었으나, 현대조각이 발달하게 된 데에는 로댕에게서 힘을 입었다 라기 보다는 당시 인상주의 이래로 팽배하였던 사실주의 미학의 파산이라는 데 큰 의미가 있었다. 이러한 시기에 입체주의의 탄생은 또 하나의 크나큰 소용돌이였고, 현대조각의 전환기에 큰 몫을 하였다.¹³⁾

미술사학자 해머쉴러(A. M. Hammacher)는 그의 저서에서 다음과 같이 밝히고 있다.

1913년 미래파가 파리에서 전시회를 가졌고 그 전해인 1912년에는 콜라주(collage), 파피에 콜레(papier colle)가 나타나서 많은 주목을 끌게 되는데 이것들은 피카소(Pablo Picasso 1881~1973) 와 브라크(Georges Braque 1882~1963)에 의해 만들어 지게 된 것이다. 그것은 바로 분석적 입체주의로부터 또 다른 테크닉으로 옮겨간 것을 말해 주는 것으로, 대상들이 오브제로써 2차적 역할을 하고 있으나 동시에 그 자신의 존재, 새로운 구성의 대상 속에서 자유롭게 보다 구성적인 존재를 지니고 있는 가치를 뒤엎기 위해서 예술가들은 대상에서 자신을 해방시켰다.¹⁴⁾

입체파 방식을 3차원으로 옮겨보려는 피카소의 시도는 다른 미술가들에 의해 뒤따라 추구되었다. 하지만 그 누구도 독창성에 있어서는 피카소를 능가하지 못했다. 입체파 회화는 본질적으로 3차원 형태의 구조를 2차원으로 표현해내는 방식이었다. 조각에서 이러한 노력은 불필요한 것이었고 입체파의 작은 면으로 쪼개는 방식은 장식적인 것에 지나지 않게 되었다.

과거파'라고 부르고, 끝없는 미래를 향해 전진해 간다는 자신의 입장을 '미래파'라고 이름 지었다. 그는 미래를 향해 전진하는 새로운 세계의 미는 현대 문명을 창조하는 기계의 미라고 보고, 거기서 일어나는 속도를 찬양하며 속도가 가져오는 소음, 동력, 모험, 다이너미즘(Dynamism)을 지향하였다.

13) 김용섭, "후기 철 조각의 표현영역 확장에 관한 연구", 석사학위논문, 동아대학교 대학원, 2002, pp.3~4

14) Hammacher.A.M著, 이승택譯, 「현대조각낙원출판사」, 1976, P.137.

조각으로써의 철이라는 소재가 누구에 의해 처음으로 쓰여 졌는지는 명확치 않다. 피카소의 「압생트 술잔」(도2)에 사용된 스푼이 처음이라고 여기는 설과 아키펡코¹⁵⁾(Alexander Archipenko, 1887~1965) 혹은 타틀린(Vladimir Tatlin, 1885~1953)이 시초라는 라는 등 의견이 분분하지만 그것은 중요한 것이 아니다. 단지 철의 사용은 역시 조각에 여러 가지 현실의 물체가 도입되었던 금세기의 정신적 필요성에 호응하는 하나의 현상이었다. 그것은 대리석이나 브론즈가 너무나도 조각과 일체화되어버려 소재라고 하기보다 조각을 받쳐 온 지금까지의 이념, 그 자체가 되어 버렸던 것으로부터 새롭게 철이 등장하게 되었다고 할 수 있다.¹⁶⁾

전후의 금속 조각들을 철이 사용되어 반문명적으로 쓰인다는 점에서 주목했고, "당대의 사회, 정치적인 위기와 전쟁의 시각적인 은유로써 수많은 철조 작품을 제작했다. 결국 용접조각은 조형적으로 조각에 형식을 가져왔을 뿐 아니라 시대적인 고통이나 비참함을 표현하는 상징적인 조형언어가 되었다".¹⁷⁾

철은 18세기 중엽에 시작된 산업혁명과 밀접한 관계가 있다. 산업혁명이 먼저 일어난 영국에서는 18세기 말에 철재 교량이 건설되었고,¹⁸⁾ 1851년에는 런던에 철골구조로 된 획기적인 건물인 '수정궁(Crystal Palace)'이 세워졌다. 19세기 후반기 유럽에는 높은 천장을 철골구조로 만들고 유리로 덮는 방식으로 된, 밝고 거대한 공공 도서관과 백화점들이 들어서게 되었으며, 이러한 철골구조의 발달은 1889년 파리 박람회를 계기로 정점에 달했다. 철재로 조립된 높이 3백미터의 장대한 에펠탑(Eiffel Tower) 뿐만 아니라 전체 길이가 429미터에 달하는 '기계관(Galerie des Machines)'을 계기로 철은 새로운 의미를 지니게 되었다. 철골로 형성된 공간은 돌이나 벽돌로 벽을 채우는 과거의 건축방식과 전혀

15) 그는 1912년 처음으로 조각에 콜라주 기법을 사용하여 유명한 서커스 군상인 〈메드라노스 Medranos〉를 만들었는데, 전통적 재료를 거부하고 다색유리·나무·금속 등을 사용했다.

16) 나카하라 유스케(中原佑介)著, 이윤신 譯 「현대조각」, 한국미술연감사, 1989, p.96.

17) 김이순(2005), 전계서, p.52.

18) 존 윌킨슨(John Wilkinson)과 아브라함 다비(Abraham Darby II)는 1775~1779년에 최초의 철교를 설계하여, 코울브루크다레(Coalbrookdale) 근교의 세번(Severn)에 설치했다. M. Lampugnani. 著, 윤재희, 지연순 譯, 「현대건축론」, 세진사, 1987 .pp.16~17.

다른 것으로, 건축미학에 혁신을 가져왔다.(도3)

에펠탑은 파리 만국박람회 행사의 정수로서 1889년에 완성되었다. 여기서 1889년이라는 시기는 프랑스 혁명이 발생한지 100주년이 되는 해였다는 점에서 충분한 상징적 의미를 갖는다. 각국이 경쟁하듯이 선보인 생산력이나 식민지 자원의 풍요로움, 그리고 기계생산 시대에 뿌리를 내린 자본주의의 축제는 물론 완전히 새로운 현상은 아니었다.

파리 만국박람회 행사를 준비한 사람들은 수정궁 보다 더 거창한 건물을 짓기를 원했다. 그러나 수평형의 건물에 의해서는 도저히 극복될 수 없었기 때문에 그들은 높이 올라가는 방법을 선택하게 되었다. 즉 그들은 지구상에서 인간인 만든 물체 중 가장 높은 구조물을 건설하기로 결정했던 것이다.

우리가 여기서 주목해야 할 사실은 수많은 대중이 에펠탑을 흥미롭게 생각했다는 점이다. 그들은 소위 예술품이라는 것을 구경하기 위해 화랑이나 살롱을 드나드는 소수의 사람들이 아니라 수백만에 달하는 사람들로서 에펠탑이 구체적으로 제시해준 새로운 시대를 향한 감각에 고무되어 있었던 사람들이었다. 즉 19세기가 20세기로 전환되어가는 상황에서 에펠탑은 지복천년(至福千年)의 징표라고 인식되었던 것이다. 그리고 그 높이에 있어서나 구조적인 과감성, 정부차원의 축하행사였음에도 불구하고 산업자재를 활용한 그 급진성에 있어서 에펠탑은 그야말로 기계문명이 약속하는 미래가 어떤 것인지를 지배계급에게 일목요연하게 보여주었다. 그것은 파우스트의 계약과 같은 것으로서, 물질적 풍요와 세계를 지배할 수 있는 무제한의 권력에 대한 약속처럼 느껴진다.¹⁹⁾

19세기 기술문명의 상징이 에펠탑이라면 블라디미르 타틀린(Vladimir Tatlin, 1885~1953)²⁰⁾의 작품인 「제3인터내셔널 기념탑」은 20세기 기술의 총아(寵兒)라는 의미를 가지게 되었다. (도4) 이 기념 건축물은 하나의 첨탑형상을 한 것으로서, 에펠탑보다 93미터 가량 더 높은 393미터의 높이로 설계되었다. 타틀린은 명확한 계획 하에 이 기념물을 디자인하고 또 그것을 어떤 측면에서건 실용적인 논리와 기계의 동작에 연결시키려는 과정에서 구성주의가 무엇을 의미하는

19) Rebert Hughes著, 최기득譯, 「새로움의 충격」, 미진사, 1991, pp.9~11.

20) 타틀린은 보통의 회화, 이른바 타블로(tableau)또는 이젤 회화(easel picture)를 부정하고 기계 속에서 리듬, 구성 및 논리를 찾아내고자 하는 새로운 예술을 창조했다. 이런 목적을 위하여 타틀린 일파는 목재, 쇠붙이, 못, 유리 등의 여러 가지 재료를 자유로이 쓰곤 했다. 중앙일보사, 월간미술(1989), 「세계미술용어사전」, p406.

것인지, 그리고 구성주의²¹⁾의 정치적 역할이 무엇인지를 명백하게 규명할 수 있었다. 그러나 정치인이라면 실행에 옮길 수도 있었던 이 계획은 결국 포기되고 말았다. 당시의 러시아에는 그 탑을 세울만한 충분한 양의 철이 준비될 수 없었으므로 그것은 아예 제작되지 못했던 것이다. 타틀린의 탑은 20세기에 있어 가장 강한 영향력을 가지지만 실제로는 존재하지 않는 물체가 되고 말았고, 따라서 제작으로 옮길 수 없는 실용성의 은유로서 가장 모순적인 물체로 남을 수밖에 없었던 것이다.²²⁾

이러한 테크놀로지의 긍정적인 수용은 바우하우스 작가들에 있어서도 예외가 아니다. 그들이 주창한 '총체예술(Gesamtkunsterk)' 개념은 모든 예술 장르의 통합뿐 아니라 예술과 기술의 결합을 의미한다. 그들 중 하나인 라슬로 모홀리 너지(László Moholy-Nagy, 1895~1946)는 예술, 과학, 기술의 통합을 이룬 레오나르도 다 빈치(Leonardo da Vinci, 1452~1519)를 모범으로 삼으면서 미래를 통찰하는 '천재적 유토피아'의 출현을 촉구하였다.

당시 프랑스에서도 기계 문명에 대한 낙관주의를 근거로 작업하는 작가들이 있었는데, 이들은 특히 기계 형상의 특성을 미의 개념에 결부시켰다. 레제²³⁾(Fernand Leger, 1881~1955)가 "기계의 아름다움은 현대적인 미의 주제이다. 기계 생산품은 아름다운 동시에 유동하기 때문에 예술의 단점을 해결 한다"고 하였듯이, 그들은 기계를 당대적인 미의 상징으로 보았다. 그들은 과학기술 문명 자체를 찬양하기보다 기계와 기계 생산품이 주는 고도의 완성도와 단순성,

21) 2차대전후 러시아에서 건축, 조각, 회화, 공예의 여러 분야에 걸쳐 일어난 추상예술운동. 특히 건축, 조각에 있어서는 금속, 유리 그 밖의 근대 공업이 낳은 새로운 소재를 구사하여, 참신한 공간표현을 구하였다. 1919년에 타틀린이 발표한 '제3인터내셔널 기념탑 계획안'은 그 대표적인 것이었다.

22) Rebert Hughes著, 최기득譯, 전계서, 1991, p.76.

23) 그의 이름은 여러 세대에 걸쳐 현대성과 아방가르드의 의미를 지닌다. 그는 그 시대의 많은 화가들처럼 후기 인상파 속에서 방황하지만 그들처럼, 쇠라, 세잔느, 두아니에곡소 등에 눈을 뜬다. 레제는 열성적인 혁명가이기보다는 화가로서 인간의 역동성을 표현하는 것이며 그의 진보적인 작품은 그의 글들과는 달리 결과적으로 신사실주의적인 것으로 평가되기를 기대한다. 이러한 관점에서 볼 때 그는 말레비치의 약탈자, 만레이, 혹은 프롤레타리아적인 화가들의 판에 박힌 형식을 초월한 화가로 남게 된다. 도서출판(주)아르떼 「현대미술사전」, 1994 p.378.

가능성에서 새로운 예술의 가능성을 발견하였던 것이다.²⁴⁾

19세기까지만 해도 주로 청동주가 재료의 대부분을 차지하고 있었으나 다양한 금속 조각이 가능하게 됨으로 인해서 철을 비롯한 금속들을 절단 하고 용접하는 등 새로운 기법에 의한 조각 작품의 제작이 가능하게 되었다. 용접기법은 흙이나 나무, 돌과 같은 재료를 이용하여 손으로 빚거나 깎아서 자유롭고 섬세한 형태를 구사해 내는데 예는 많은 어려움이 따르며 제작과정에서 처음 의도했던 것과는 달리 제작될 가능성이 많다. 이는 작가의 즉흥적인 조형 감각이 그대로 잘 반영 될 수 있는 기법이기도 하며 이러한 용접조각은 작가의 창조적 잠재능력을 자유롭게 실험할 수 있는 중요한 요소가 되었다. 루시 스미스(Lucie Smith, 1933~)는 그의 저서에서 현대 조각에서의 ‘새로운 조각’에 대한 정의를 다음과 같이 언급하고 있다.

‘새로운 조각’이 어떻게 시작되었는가를 꼭 집어 말하기는 어려운 일이다. 어찌 보면 ‘전기조각’²⁵⁾ 가운데 몇 가지 중요한 전개와 아이디어가 있었다고 볼 수 있겠으나 반드시 그것이 곧 오늘날의 조각이 있도록 상황을 이끌어 주었다고는 볼 수 없다. 몇 가지 중요한 전개 가운데서 어떤 것은 전부 초기에 속하기도 하고, 어떤 것은 그보다 더 앞서기도 했다.

오늘날 만들어 지고 있는 아주 재미있는 현대조각의 조상적인 작품은 칼더(Alexander Calder·1898~1976·)의 모빌(mobile)²⁶⁾과 곤잘레스((Julio Gonzalez, 1876~1942))²⁷⁾의 용접한 철제조각이다. 1940년대에 미국의 조각가 리폴드

24) 윤난지 「현대미술의 풍경」, 예경, 2000, pp.72~73.

25) 1945년 제2차 세계대전 이전

26) 조각에 움직임이라는 혁신적 요소를 최초로 작품의 본질로 삼아, 작품을 실제로 움직이게 하였던 칼더는 3대에 걸친 조각가 집안에서 태어나 성장과정에서부터 예술적 분위기에서 생활하다 자연스럽게 조각가가 되었다. 한편 뒤샹의 영향을 받아 추상조각에서 점차 독자적인 세계를 추구하기 시작하였는데, 뒤샹을 칼더의 모빌을 가리켜 “칼더의 예술을 바람 속의 수목이 승화된 것이다”라고 기술하였는데 칼더는 그의 제안을 받아 ‘모빌’이라 명명하였는데 이 말은 움직임과 모티브라는 두 가지의 뜻을 가지고 있다. 정금희 「20세기 서양조각의 거장들」, 재원, 2000, pp.170~174.

27) 일반적으로 철이란 물질문명의 원동력 중의 하나인데 그것은 현대사회의 눈에 보이지 않는 힘을 가장 확실하게 상징하는 물질이라 할 수 있다. 곤잘레스는 물질문명의 진보에 의해 노출된 자연의 새로운 힘으로 보는 ‘철’을 사용한, 철 조각의 선구자이다. 그것은 단지 조각에 최초로 철

(Richard Lippold, 1915~?)의 「천국의 새」는 공간을 포용하고 삼켜 버리며, 그리고 중력감이 전혀 없는 새로운 느낌의 조각을 제시하였다.(도5, 도6도, 도7)²⁸⁾

영국의 조각가 파올로치(Eduardo Paolozzi,1924~)가 초기의 청동조각에서 표면에 응용했던 작은 톱니바퀴나 기계 부속 따위의 질감 효과는 레디메이드 구성품을 대담하게 활용하게 하는 계기가 되었고, 이것은 몇 년 뒤에 유행하게 된다.

현대에 이르러 산업사회를 배경으로 나타난 새로운 재료의 출현은 그것을 다루는 방법과 시지각의 발달로 인해 재료의 의미가 재발견되는 계기가 되었다. 따라서 이제 조각가는 전통적인 재료의 관념을 뛰어넘어, 자기 자신이 사용하는 재료가, 작가가 목적으로 하는 주제를 표현하는 한 방법으로서 재료 자체에 중요한 의미를 부여할 수 있게 된 것이다. 그것은 조각 작품이 갖는 내면적 특성이나 조형성에 따라 적절한 재료의 선택은 매우 중요한 문제임을 입증하고 있다. 그 중 철은 물질문명의 원동력의 하나이며 그것은 현대사회의 눈에 보이지 않는 힘을 가장 확실하게 상징하는 물질로 현대에 나타나게 되었으며 현대의 조각가들은 비로소 철을 매개로 사용하게 되었다.²⁹⁾

물질문명은 비유적으로 말하면, 자연이 원시인에 있어서 정체를 알 수 없는 힘이 있듯이 근대의 인간에게 있어 인간주의라고 하는 의지를 흔드는 무정형의 힘으로서 나타났다. 그리고 그것이 눈에 보이는 형태로 나타났을 때 가부(可否)의 답이 없을 수밖에 없다.

제2차 세계대전이 끝난 1945년은 현대미술사에 있어서 중요한 분기점이 되는 시기로 미국은 서방세계의 중심 국가로서의 위치를 확고히 하게 되었고 고도의 산업발전을 하여 세계 위상의 자본주의 국가로 성장하면서, 유럽의 초현실주의(Surrealism)³⁰⁾를 비롯한 여러 운동이 중심이 된 전위 작가들이 미국에 큰 자극

을 도입하였다는 의미만은 아니고 철이란 그 매개체에 대한 그의 숭고한 정신과 독특한 철의 성질을 잘 이해하여 조형성을 이루었기에 더욱 큰 의미가 있다. 상계서 p.144.

28) Lucie Smith著, 김춘일 譯, (1985), 전계서, p.226.

29) 김용섭, "후기 철 조각의 표현영역 확장에 관한 연구", 석사학위논문 동아대학교 대학원, 2002, p.8.

30) 초현실주의(Surrealism) : 제1차 세계대전이 종결된 이듬해인 1919년부터 제2차 세계대전

과 영향을 줌으로써 1940년대와 1950년대에 영향력 있는 회화 양식인 추상표현주의(Abstract Expressionism)가 나타나게 되었다.

일본의 미술 평론가 나카하라 유스케는 철의 사용에 의한 조각의 변화를 다음과 같이 설명 하고 있다.

철의 사용은 미켈란젤로식 조각을 일신하게 되었고 더구나 철은 물질문명의 원동력 중에 하나이자, 현대사회의 눈에 보이지 않는 힘을 가장 확실하게 상징하는 물질인 것이다. 브랑쿠시(1876~1957)와 같은 해에 태어난 스페인의 곤잘레스는 전후에 일반화된 철조조각의 선구자의 한사람으로서 높이 평가 되고 있다.³¹⁾

피카소가 1929년부터 1931년 사이에 그 유명한 금속조각의 연작 즉, 「정원에 있는 여인」(도8), 「철사구성-인물」(도9) 「여인의 머리」(도10)등을 용접으로 표현 하는데 있어서, 곤잘레스의 기술적 도움을 받게 되었고 구성된 금속조각의 가능성을 특별히 곤잘레스에게 소개했던 것이 일반적으로 전해지고 있다. 곤잘레스가 용접기술을 터득하고 있다는 사실을 알고 있던 피카소는 1928년 자신의 「조각을 위한 드로잉」(도11)을 「철사구성-인물」이라는 입체구조물로 만들기 위해 곤잘레스에게 도움을 요청했는데, 이것이 바로 용접 기술이 미술에서 사용되는 계기가 되었다.³²⁾

발발 직후까지 약 20년 동안 프랑스를 중심으로 해서 일어났던 전위적인 문화예술운동으로 다다이즘과 미래주의 등 20세기에 등장한 다른 전위운동에 비해 양차 세계대전 동안 가장 폭넓게 확산되었으며 논쟁적인 예술운동이 되었다. 초현실주의는 근본적으로 경험의 경계를 넘어서려고 애썼으며, 현실을 본능적이고 잠재적인 꿈의 경험과 융합 시켜서 논리적이고 실재하는 현실, 그 자체를 바라보는 시각을 확장 시키려 했던 바, 이것은 절대적 혹은 초월적인 현실에 도달하기 위한 것이었다.

31) 나카하라 유스케,(1989),전세서, p.96.

32) 피카소의 「인물」은 1929년 혹은 1930년에 제작된 것으로 언급되기도 하지만,(로잘린드 크라우스, 「현대조각사의 흐름」, 윤난지 역, 예경, 1997, p.159) 정확한 시기는 1928년 10월로 밝혀져 있다. 알렌 바우니(Alan Bowness)는 잡지 「카이에다르(Cahiers d'Art)」 1929년 1월호에 이 작품의 사진과 함께 제작날짜가 수록되어 있음을 확인하였다. 김이순 「戰後의 용접조각」 박사학위논문,2002, 홍익대학교 대학원 p.24.

1920년대 후반 곤잘레스는 금속판들과 금속봉들을 직접 용접하여 붙여서 단단하고 영구적인 조각을 만드는 기술을 터득 하였다. 또한 이를 통하여 그는 브론즈 주조 과정을 단축시키고 훨씬 더 선적이고 가냘픈 형태를 만들어 낼 수 있게 되었다. 곤잘레스는 “새로운 방법으로 공간 속에 형태를 기획하고 고안 하는 것, 그리고 마치 새롭게 얻은 재료를 다루듯이 이 공간을 사용하고 그것을 가지고 구성하는 것, 이것이 내가 하고자 하는 모든 것이다”라고 말했다.³³⁾

추상표현주의가 시들해질 무렵에 나타난 새로운 관심은 앗상블라쥬(asssemblage)³⁴⁾에 대한 것이었고, 이것은 새로운 조각에 대한 첫 번째의 활력을 불러일으켰다. 그 중 두드러진 인물은 뒤비페(Jean Dubuffet, 1901~1985)였는데 그의 조각품은 벽돌, 스폰지, 목탄, 포도 가지 따위로 만든 인물상 이었다. 이런 관심을 한쪽 끝은 확실히 초현실주의적 ‘오브제’의 재생에서 기인하는 것으로서, 이 오브제를 연장하면 꼴라주 조각에 이르게 된다.

1939년 브로우너(Brauner)의 「이리 탁자(Wolf-table)」는 박제된 이리의 머리와 꼬리를 썼고, 오펜하임(Meret Oppenheim)의 유명한 「모피 속의 점심식사」(도12)도 이러한 종류에 속한다. 이것들은 모두 꼴라쥬 아이디어를 보다 엄밀하게 조각적으로 다룬 것인데, 이런 방법은 뒤에 한층 넓게 확충되었다. 미국의 조각가 니벨슨(Louise Nevelson, 1900~?)이나 수베로(Mark di Suvero)같은 조각가들은 목재를 다루었지만, 새로운 조각가들의 관심을 끌었던 재료는 나무가 아닌 금속이었다. 금속이 우선적으로 전후 미술가들의 관심을 끌었던 이유

33) Rosalind E. Krauss著, 윤난지譯, 「현대조각의 흐름」 예경, 1997, pp.160~161.

34) 앗상블라쥬(asssemblage): ‘집합’, ‘조립’ 등의 뜻으로서, 평면적인 타블로 회화에 삼차원성을 부여하는 기법으로, 우리 주변에서 흔히 볼 수 있는, 여러 가지 잡다한 물건이나 폐품 따위를 조립해서 작품을 만드는 일이다. 또는 그렇게 해서 완성된 작품을 가리킨다. 사이즈는 다다, 초현실주의 이래의 오브제의 현대적 호칭으로 이 용어를 쓰고 있다. 그에 의하면 아상블라주는 “그리거나 조각된 것이 아니라 조립에 의한 것으로 전부 또는 일부가 자연물이거나 공업제품이지만 전혀 미술을 의도하지 않고 만든 물건에 의한 것”이다. 문명론적인 입장에서 볼 때, 앗상블라주는 우리를 둘러싸고 있는 폐품 문화의 반영으로 보여지기도 하다. 조셉 코널, 리처드 스탠키에비치, 존 헤임밀린, 에드워드 키엔홀츠, 리 볼티코 등이 이 경향의 대표적인 작가이다.-월간미술 「세계미술용어사」 중앙일보사, 1989, p.268

중의 하나는 ‘폐물 풍조’(junk ethos) 때문이었는데, 이것은 앓상블라쥬 기법과 썸 잘 어울리는 것이었다. 폐물은 기술공학적인 사회에서 파손된, 기계의 잔해로서 많은 미국의 조각가들은 강철 기계의 파쇄조각들을 용접하여 작품을 하였다. 유럽의 조각가들도 같은 계열이 작품을 많이 하였는데, 가장 주목할 만한 조각가는 데이비드 스미스였다. 그는 전후 회화사에서의 폴록과 같은 위치를 조각에서 차지하고 있다. 폴록의 작품은 개인주의적인 특권의 주장, 즉 내적인 꿈의 세계가 실제의 외부 세계에 저항하는 것으로서, 그 결과 기계적인 것을 거부하는 회화로 표현 되었다. 그러나 조각은 극도로 발달된 기계문명의 소산에 불과하다는 것이 스미스 작품의 두드러진 주장이다.³⁵⁾

“그는 1945년 이후의 철 조각에서 추상표현주의의 양식과 용접기술의 형식이 비교될 수 있는 작가로, 그의 작품 「숲」과 「허드슨강의 풍경」은 추상회화에 있어 제작방법의 발상을 고도로 발달된 기술적인 힘을 빌어 내적 꿈의 세계를 철 조각의 제작방법으로 바꾼 작품이라 할 수 있다.”³⁶⁾

스미스의 「탱크토템」 시리즈에서 사용된 철판은 그가 자주 주장하던 “발견된 오브제”로 그의 작업에서 보다 극적인 구성의 효과를 가져왔으며, 그러한 기하학 적이고 평면적인 철판은 형태화된 화면과 같은 역할을 해주었기 때문에, ‘공간에의 드로잉’ 양식에서 보여 지는 선으로 구성된 화면상의 이미지에서 벗어나, 화면 자체가 형태를 변화시키는 수단이 됨으로써 스미스가 화면을 활용하는 경향을 보다 발전 시켜주었다.

그리고 육중한 철판의 무게를 지탱하며 용접을 하는 과정에서 무게중심을 위해, 각 형태들의 배치와 각도를 다양하게 함으로써, 보다 입체적이고 생동감 있는 절충양식을 확립하게 되었고 조각사에 있어서 그만의 독특한 양식을 완성함으로써 중요한 전환점을 마련하였다.

금속은 그 광택과 재질감에서 오는 이질감과 고도의 견고성에 따른 영구성, 내구성을 간직하고 있다. 따라서 강력한 힘을 상징하며 인간의 과학기술과 기

35) Lucie Smith著, 김춘일 譯,(1985), 전계서, pp.226~231.

36) 「Art Encyclopedia Western Art」 서울 한국미술 연감사, 1986, P.882.

계문명시대를 나타내는 데에 적합한 재료가 되기 때문에 각광 받게 된 것이다.

“현대의 금속 재료인 철이나 스테인리스(stainless still) 등은 구멍을 내거나 자른다든지, 용접을 통하여 조립하였다. 이때에 나타나는 강함, 날카로움, 부식, 반사 등은 현대적인 방법과 표현력으로 현대적 상징의 표현에 가장 적합한 재료이다.”³⁷⁾ 금속 특히, 철은 긴 세월을 조각이 고집해온 고정관념으로부터의 해방이라고 생각되는 재료로써, 이제까지 예술가가 연필이나 목탄 또는 붓이나 그림물감 같은 '선'으로서 밖에 될 수 없는 것으로 생각했던 “그린다”라고 하는 작업을 금속으로 직접 시도할 수 있는 가능성을 열어준 것이다.

금속이라는 소재의 도입은 예전의 다루기 힘든 돌덩어리를 깎거나 점토를 모델링하는 대신 금속의 조립에 의존하게 되었다는 것이 표현에 대한 새로운 방향을 제시한 계기가 되었을 뿐 아니라 재료에 있어서도 조형적 방법이 설정되었던 것이다.

결국 현대미술에서는 미술이란 어느 누구나 미술로서 제시하려고 선택하는 것이며, 그것은 인간의 숨씨라는 결론이다. 미술가란 그들 주변에 있는 것에 대해 반응하는 사람이며 그들의 반응을 그들 나름의 수기로 적어놓은 사람 혹은 그들의 내적 현실과 상상을 손으로 만질 수 있고 볼 수 있게 만들어 낼 수 있는 사람이 된 것이다.

37) A. Zaideberg著, 이재순譯, 조각미술, 상미사, 1979, p.102.

2) 용접조각의 조형적 특성

“20세기 산업사회를 대표하는 재료인 철은 현대 사회의 힘의 상징이며 문명화된 물질이다. 철의 사용은 타틀린이나 아키펡코에 의해서 비롯된 것이지만, 그것을 자르고 두드리고 뚫고 용접하여 본격적으로 작품을 제작한 것은 가르갈로(Pablo Gargallo, 1881~1934)와 곤잘레스였다.”³⁸⁾

“용접이라는 산업기술이 미술의 맥락으로 들어온 것은 1928년 피카소와 곤잘레스의 만남에서 시작되었다.”³⁹⁾ 곤잘레스는 어린 시절부터 철과 친숙해 있었다. 그는 유럽에서 철광업이 가장 발달했던 스페인의 카탈로니아 출신이었다. 게다가 그의 부친 콘코르디오(Concordio)는 금속공예 기술자였고 곤잘레스는 부친에게 금속을 다루는 단조기법과 타출법(repousse technique)을 배웠다. 또한 곤잘레스는 제1차 세계대전 동안 자동차 뿐 아니라 탱크, 앰블런스, 항공기 엔진 등을 제작하여 연합군에 제공하던 프랑스의 르노(Renault) 공장에서 산소 용접 기술을 익혔다.

“1930년대 곤잘레스의 철조는 큐비즘의 영향이 두드러졌으며 구상적이고 현실적이다. 고뇌와 회의에 찬 인간 형상인 마스크들을 제작했고 「광대」, 「머리 빛는 여인」과 같은 희극적 분위기의 구상적 요소들을 보여 주기도 했다.”⁴⁰⁾

피카소는 1931년에 다시 곤잘레스의 도움을 받아 금속 물체들을 용접해서 「정원의 여인」이라는 작품을 제작하게 되는데, 이 작품을 통해 그는 조각에서 새로운 방향을 모색했다. 금속판이나 기성의 금속물체를 직접 용접하여 조각 작품을 제작함으로써 제작과정이 간편해졌다. 동시에 아주 얇은 철판이나

38) 김석 「한눈에 보는 조각사」, 지앤씨 미디어, 2005, p.242.

39) 금속을 주조방법이 아닌 자르거나 두드리고, 구멍을 내는 방식으로 작업을 시작한 것은 파블로 가르갈로(Pablo Gargallo, 1881~1934)라는 의견이 있다. 그러나 그것은 가면 같은 간단한 금속장신구 정도였고 새로운 개념의 정식 용접조각은 피카소와 곤잘레스의 작품이 앞섰다는 것이 일반적인 견해이다. 김이순(2005), 전개서, p.38.

40) 김석, 2005, 상계서, p.243.

매우 가늘고 복잡하게 꼬인 모양의 조각이 가능해졌기 때문에 금속조각 표현에 거의 제한을 받지 않게 되었다. 또한 이 작품에 나타난 중요한 조형적인 특성은 각 부분의 공간적 연결 관계가 대단히 복잡하다는 점이다. 하나의 덩어리로 형성된 것이 아니라 본질적으로 다른 여러 물체를 조립하는 앓상블라주의 방식으로 제작되었기 때문에 보는 시점에 따라 전혀 다른 모습으로 나타난다.⁴¹⁾

물론 조각은 하나의 견고한 덩어리로 이루어진 것이라는 개념이 해체되는 것은 큐비즘까지 거슬러 올라갈 수 있다. 피카소의 「기타」는 바로 이러한 개념을 잘 보여주고 있다. 하드보드와 철사로 된 「기타」는 분석적 큐비즘 회화에서처럼 상호 교차되는 반투명의 면들을 입체로 전환시키는 방식에 기초를 두고 있는데, 이는 견고하고 닫혀 있는 전통적인 덩어리가 아니라 여러 시점에서 다르게 보이도록 구성된 열린 형태이다.⁴²⁾

이러한 작품은 돌이나 나무를 깎아 내거나 흙을 덧붙여서 만들던 이전의 조각방법과는 전혀 다른 방식으로 제작되었고, 이는 여러 단편적인 형태를 조합시켜 구축한 작품으로, 조각사에서 일종의 혁명이라고 할 수 있을 만큼 새로운 방법론을 보여주는 것이다. 현대조각에서는 이와 같이 형태 간에 서로 꼬이기도 하고, 때로는 섬세하고 투명하여 무게감이 사라졌기 때문에 중앙 집중적이고 부동적이던 전통조각의 조형적 특징에서 벗어나게 되었다.

용접조각의 출현에는 다다⁴³⁾의 역할도 간과할 수 없다. 철판이나 철사 같은 기성물체를 용접하여 만드는 기법은 일찍이 마르셀 뒤샹(Marcel Duchamp,

41) 김이순,(2005), 전계서, pp.41~42.

42) 김영나 「서양 현대미술의 기원」 시공사, 1996, p.247.

43) 제1차 세계대전을 계기로 하여 전쟁 혐오의 심정과 변동하는 사회가 가져다 준 모순의 의식을 모태로 하여 유럽 몇 개의 도시에서 발생한 것이 다다이다. “입체파는 회화의 한 유파이며 미래파는 정치운동이다, 다다는 정신의 상태이다, 이런 것들을 동시에 예로 드는 것은 무지이거나 아니면 악의에 의한 것이다“ 라고 앙드레 브르통은 말했다. 다다는 기성의 개념, 철학, 도덕, 요컨대 사회와 문명을 지탱하고 있는 인간의 모든 관념을 허위라고 외쳤다. 1918년에 트리스탄 차라(Tristan Tzara)는 ”보이는 것 모든 것이 허위이다“ 라고 발표했다. 허위, 파괴, 부정, 폐기, 분해, 반대, 항의, 혐오, 금지 등 다다의 선언문 속에서도 가장 강조되어 등장하는 이런 단어들은 다다의 성격을 상징하는 것이다. 나카하라 유스케(中原佑介) 著, 이윤신譯, (1989), 전계서 p.31.

1887~1968)이 「병걸이」(도13) 같은 기성의 오브제⁴⁴⁾를 사용한 것이나 베를린 다다이스트인 쿠르트 슈비터즈(Kurt Schwitters, 1887-1948)가 일상적인 폐기물을 결합하여 「메르쯔회화」⁴⁵⁾(도14)같은 작품을 제작한 것과는 무관하지 않다. 용접조각은 이러한 비전통적인 표현방식을 차용하면서 현대조각의 표현범위를 확장시켜 나갔다.

용접조각은 표현방식의 문제이면서 또한 조각양식의 문제와도 관련 있다. 철은 견고하고 강한 저항력을 갖고 있으므로 점토나 나무 같은 재료로 만들어지는 부드러운 형태나 자연에 존재하는 대상을 그대로 재현하는 방식보다는 거칠고 예리한 형태를 제작하는 데 더 적합하다.

용접은 기술상으로, 청동주조와 같은 기존의 금속조각에서는 표현이 불가능했던 거대하고 복잡한 형상을 어렵지 않게 제작할 수 있기 때문에 작가가 원하는 이미지나 형태를 만드는 데 그다지 제한을 받지 않는다. 이러한 형태상의 자유로운 표현과 더불어 일단 용접된 후에는 표면부식, 담금질, 광내기, 채색 등 작품의 표면에 다양한 변화를 주는 것이 가능하므로 조각이 회화에 버금가는 폭 넓은 표현성을 획득하게 되었다. 미국의 용접조각가 존 발드윈은 용접조각의 이러한 다양한 표현 효과와 15세기에 유화가 회화에 끼친 영향만큼이나 현대조각에 결정적인 영향을 끼쳤다고 비유한 바 있다. 이렇듯 제2차 세계대전 이후 용접조각은 고딕 시기 이후 처음으로 조각이 회화와 비견 될 수 있는 위치를 차지할 수 있을 만큼 조각에 질적 변화를 가져왔다.

44) 오브제(object) : 다다이즘과 초현실주의에서 주로 사용되어 특수한 예술 용어로 정착되었다. 예술 창작과는 연관이 없는 일상적인 물체를 이용하여 예술 작품의 일부분으로 사용함으로써 새로운 의미를 얻게 되고 잠재된 욕망이나 상상을 불러 일으켰다. 오브제를 예술의 형식과 재료, 주제, 기능 등을 확장시키며 20세기 전위적인 예술사조에 주도적 역할을 했다. 김석 (2005), 전게서, p.246.

45) 슈비터즈는 그 당시의 혁명적인 베를린 다다이스트들의 활동에 많은 자극을 받았다. 그러나 그의 빈약한 아카데미적 기법을 버리도록 처음으로 설득한 것은 콜라주의 개척자라고 할 수 있는 한스 아르프였다. 슈비터즈의 첫 콜라주 작품이라고 알려진 'Hansi'는 아르프에 대한 강렬한 추억의 결과물이라고 볼 수 있다. 그와의 접촉 이 후 슈비터즈는 그가 '메르쯔(Merz)'라고 명명한 것을 포함한 버려진 조각으로 만든 앳상블라주 작업을 시작했다. 그 후 그는 그의 모든 작업을 '메르쯔'라고 부르게 된다

용접조각과 같이 20세기조각에 나타난 테크닉의 변화는 지난 수세기 동안 일어났던 변화보다도 훨씬 다양하고 혁신적이었다. 이러한 테크닉의 혁신은 단순히 기술상의 변화를 의미한다기보다는 인간의 의식에 변화가 일어났음을 의미하는 것이며 여기서 비롯된 새로운 언어는 역사적 의의를 갖게 되었다. 용접조각의 조형적 특성은 한국전쟁을 겪은 한국의 젊은 작가들 사이에서도 공감대를 형성할 수 있었고, 전후의 사회적 혼란기의 시대적인 고통이나 울분을 표출하는 데 적절한 표현 언어로 발전될 수 있었다. 뿐만 아니라 불꽃의 스파크와 가스가 타면서 내는 강렬한 소리, 보호 의상이나 보호 안경 등은 다른 기법에서는 발견할 수 없는 흥분을 가져다주었다. 게다가 작가들은 자신이 직접 용접을 하는 과정에서 아이디어를 즉흥적으로 수정할 수 있어 감정을 직접적으로 표현할 수 있다는 점 때문에 용접조각을 더욱 선호하게 되었다.⁴⁶⁾



46) 김이순 (2005), 전계서, p.42~47.

III. 용접 조각의 재료와 금속의 종류

1. 용접조각의 재료

재료 속에 잠재된 미를 발견하는 기술적인 힘은 바로 창조적 작업에 중요한 역할을 하는 것이 된다. 철의 도입은 전통적인 재료를 뛰어넘는 혁신을 초래하여 조각의 형식에 다양한 표현 방법을 제시할 뿐만 아니라 재료 자체에서 조형적인 방법을 설정시킨다.

용접은 철(iron), 동(copper), 스테인리스 스틸(stainless steel) 등의 금속을 모재(母材)로 하여 불꽃으로 용접봉을 녹여 연결하거나 모재 자체를 직접 녹여 형상을 만드는 방법이다. 먼저 용접의 모재에 대해 살펴보겠다. 모든 금속을 용접할 수 있는 것은 아니다. 용접조각에 흔히 사용되는 금속은 강철(鋼鐵, steel)이다. 철의 종류는 그 성질을 좌우하는 탄소의 비율에 따라 구분된다. 무쇠 혹은 선철(銑鐵, pig iron)은 철광석에 직접 제조되는 철의 일종으로서 철 속에 탄소 함유량이 1.7% 이상인 합금⁴⁷⁾이며 용접하기에는 매우 까다로운 재료이다. 따라서 금속 조각에는 적합하지 않다. 연철(鍊鐵, wrought iron)은 단련할 수 있는 철이라는 뜻이고, 0~0.1%의 탄소를 함유하고 있어 순철(純鐵)에 가까운 것이기 때문에 구부리고 두들기며 작업하기에 적합한 재료이다. 이에 반해 철과 탄소의 합금인 강철은 강(鋼)이라고도 불린다. 강철에는 비교적 부드러운 연강(mild steel)과 스프링 같은 경강(hard steel)이 있는데, 단단하고 탄성이 강화된 강철의 개발로 철의 부가가치가 높아졌다. 강철은 기계공업, 운송수단에 혁신을

47) 순금속이란 100%의 순도를 가지는 금속원소를 말하나 실제로는 존재하지 않는다. 따라서 순수한 단체 금속을 제외한 모든 금속적 물질을 합금이라 하며, 합금의 제조 방법은 금속과 금속, 금속과 비금속을 용융상태에서 융합시키거나 압축, 소결에 의하여 또는 침탄처리와 같이 고체 상태에서 확산을 이용하여 합금을 부분적으로 만드는 방법 등이 있다. 최병도, 신동철, 조무현, 「금속재료」, 일진사, 2003, p.11.

가져왔고, 특히 작은 단면에서도 높은 강도를 낼 수 있는 이점 때문에 건설이나 건축에 커다란 영향을 끼쳤다.

철에 다른 금속을 합금하여 그 성질을 개량하려는 연구가 20세기에 들어와서 꾸준히 지속되었고, 조각가들은 이러한 과학기술의 발달을 활용하게 되었다. 특히, 1913년 H.브레얼리가 크롬을 첨가한 내식강(耐蝕鋼)을 만든 것이 계기가 되어 개발된 스테인리스 스틸이나, 녹슬지 않는 철로 알려진 내후성(耐朽性) 강재(鋼材)는 조각에 지대한 영향을 미쳤다. 내후성 강재는 전혀 녹슬지 않는 것이 아니라 보통 철강에 비해 그다지 녹슬지 않는다는 표현이 정확할 것이다. 일반 철은 녹이 슬어 부식되지만 내후성 강재는 특수합금으로 산화피막을 형성하여 철판이 부식되는 것을 방지한 철의 종류이다. 즉 철판이 대기 중에 노출될 때 보통 철판은 녹이 발생하여 삭아 내린다. 하지만 내후성 강재의 경우, 대기 중에서 밝은 적색의 천연 녹이 표면을 일단 덮게 되어 더 이상 내부로 침투하지 않기 때문에 표면에 페인트를 칠해 철을 보호할 필요가 없다. 따라서 철의 느낌을 그대로 살릴 수 있으면서도 대기 속에서 부식되지 않기 때문에 야외 조각 작품에서 자주 사용되고 있다. 데이비드 스미스는 바로 이러한 재료로 용접조각을 제작하여 (도15)와 같이 야외에 작품을 자유롭게 설치하였다.

용접조각에서 많이 사용되는 비철 재료에는 동을 합금한 황동(黃銅,brass)이나 청동(靑銅,bronze)이 있으며, 알루미늄(aluminum)이 사용되기도 한다. 황동이나 청동의 동 합금은 낮은 온도의 브레이징(brazing)⁴⁸⁾이나 간단한 산소용접이 가능하다. 동 합금은 또한 화공약품을 사용해서 표면에 일단 인위적으로 부식을 만들어 놓으면 야외에서도 더 이상 부식되지 않는 장점 때문에 주조(casting)의 재료 이외에 용접조각 재료로도 사용된다.

48) 부재(部材) 자체의 접합부를 국부 가열하여 녹여서 접합하는 용접(融接:fusion welding)과 접합부에 녹는점이 낮은 다른 금속을 넣고 이것을 녹여서 합금화시켜 붙이는 납땀(brazing:soldering)으로 대별된다. 납땀은 450°C를 경계로 하여 녹는점이 이 이하인 납을 사용하는 것을 솔더링(soldering)이라 하고, 그 이상에서 하는 것을 브레이징(brazing)이라 하여 구분하고 있다.

1) 금속재의 일반적 특징

철을 포함한 대부분의 금속이라는 재료의 특성은 강한 힘, 운동성, 진보성과 긴장감 그리고 파괴성과 잔인성, 기하학적인 형태성 등이 있으므로 이것은 현대의 감각과 매우 일치하는 의미 있는 재료라 할 수 있다. 금속의 여러 가지 물리 화학적 성질 중에서, 가공재료로서 다른 재료와 구별되는 공통적인 특징을 가지고 있다.

우선 금속은 특유의 광택을 가지며 열과 빛을 반사한다. 금속의 가장 특징적인 모습 중의 하나는 표면의 광택인데, 이것은 금속 조형물을 화려하고 윤택하게 보이게 하며, 주위로부터 두드러지게 보이도록 한다. 또한 금속은 경도(硬度)가 높아 단단하고 마모가 쉽게 되지 않는다. 타 재료에 비해 월등하게 단단한 성질로 인해, 금속은 예로부터 많은 손도구와 기계설비에 사용되었으며, 특히 외부와 접촉이 많은 부분의 재료로서 이용되었다.

금속은 강도(強度)가 높아 가늘거나 얇은 형태로서도 큰 힘을 지지하므로 가는 뼈대로서 높은 철탑이나 지주 없는 긴 교량 등을 만들 수 있으며, 물체와 물체 사이의 힘을 많이 받는 이음새나 접합구조 등에 적합하다. 또한 얇은 두께로 거대한 형태를 만들 수 있는 것도 금속재만으로 가능하다.

금속은 넓게 퍼지는 성질과 길게 뽑히는 성질 즉, 전성(展性)과 연성(延性)이 좋아 가공변형이 쉽게 되는데 망치를 비롯한 여러 가지 도구로 매우 다양한 형태를 만들 수 있다. 가열하면 용해(溶解)되며 이로 인해 대부분의 금속은 주조(鑄造)가 가능하다.

이 용해되는 성질 때문에 합금으로부터 순금속을 회수할 수도 있으며 찌꺼기, 가루 등을 모아 다시 사용할 수도 있고 주조는 금속 조형물을 쉽게 복제할 수 있도록 해주며, 세밀한 묘사를 가능케 한다.

금속은 썩지 않고 병충해를 받지 않으며 불에 타지 않는데 이러한 내구성은 금속으로 된 생활용품, 예술품들이 역사적으로 많이 보존된 이유로 금속재의 이점을 보여준다.

2) 금속의 한계와 분류

조각 재료로서의 금속은 조형상의 단점과 한계를 가지고 있는데, 금속은 대기 중의 산소와 결합하여 표면에 산화막(녹)을 만들고, 그것은 물체를 부식시키기도 한다. 그러므로 표면의 유지와 보호를 위해서는 적절한 표면처리와 착색, 코팅 혹은 정기적인 세척을 필요로 한다. 또한 다양한 조형적 가능성에 비해 색상은 매우 제한되어 있다. 이의 보완을 위해 많은 종류의 표면착색이 시도되며, 타 재료와 합성되어 형태를 구성하는 경우가 많다. 금속은 타 재료에 비해 상대적으로 다루기 어려우며 많은 종류의 공구와 설비를 필요로 하는 경우가 많다.

금속에는 순금속(純金屬, pure metal)과 합금속(合金屬, ally)이 있다. 순금속은 단일원소로 이루어진 금속으로 모두 190여종이며 합금속은 이들을 서로 섞어서 만든 금속들이다. 이들 중 금속조형물의 재료로서 직, 간접적으로 사용되고 있는 원소는 약 20여종의 순금속과, 이들을 바탕으로 한 합금속들이다. 이들 금속의 분류는 여러 가지 기준으로 가능하지만 편의상 크게 두 가지로 나누어 볼 수 있다.



(1) 철재(鐵材)

- ① 순철(純鐵, iron) - 순수한 원소의 철⁴⁹⁾
- ② 주철(鑄鐵, cast iron) - 주조용철, 백주철, 회주철, 합금주철, 특수주철 등⁵⁰⁾
- ③ 강(鋼, steel) - 탄소가 섞여 강도와 경도가 큰 철 : 연강, 경강, 탄소강, 특수강등

49) 순철은 산화작용이 심해서 고온에서는 두터운 산화물의 껍질이 떨어진다. 또한 습기와 산소가 있으면 상온에서 부식하고 바닷물이나 화학약품 등에서의 내구력도 적다. 또한 강한 산이나 약한 산에는 침식되지만 알칼리성에는 침식을 받지 않는다. 이밖에도 외부에서 자력(磁力)을 가하면 곧 자화(磁化)되기 쉬우므로 이런 성질을 이용하여 전자석 등의 자성재(磁性材)로 많이 사용한다.

50) 주철은 철 중에서 질이 무리고 가장 녹기 쉬우며 주조성이 양호하다. 그리고 주형(鑄型 mould)의 세밀한 부분까지 잘 나타내는 성질이 있다. 엄준상 「금속공예」 미진사, 1984, p.16.

(2) 비철재(非鐵材)

- ① 동(銅)과 합금 : 적동, 황동, 백동, 청동 등
- ② 경금속(輕金屬)과 합금
알루미늄, 마그네슘, 타이타늄, 니오비움 등과 이의 합금들
- ③ 고용점(高融點) 금속과 합금
니켈, 코발트, 텅스텐, 몰리브덴 등과 이의 합금들
- ④ 귀금속과 희유(稀有) 금속
금, 은, 백금족, 게르마늄, 규소등과 이의 합금들
- ⑤ 신소재(新素材) 금속 : 지르코늄, 베릴리움 등과 이의 합금들

2. 금속의 종류

현대조각에 있어서 금속을 이용한 용접조각에 사용되고 있는 재료들은 다양하지 않으며 극히 제한적으로 사용되고 있는 게 현실이다. 이는 아직까지 생소한 조각이 금속재료에 대한 거부감과 이 재료들을 이용한 조각으로서의 조형적 열등감 및 순수미술을 자부하여 공예와의 차별을 의식하는 데에서 기인한다고 보여 진다. 또한 여러 다양한 금속재료들로서 작가 스스로가 작업을 할 수 있는 기반. 즉 다양한 공구 및 시설 그리고 중요한 기법 등의 부재에서 금속조각의 재료상의 다양성은 더디게 발전하고 있다고 본인은 생각한다. 따라서 이 점에서는 현대 금속조각, 그 중에서도 용접조각에서 폭 넓게 사용되고 있는 금속 재료를 비롯해서 거의 사용되지 않는 재료까지 폭 넓게 그 종류와 특성을 연구해봄으로써 새로운 금속재료로서의 가능성을 고찰해보려 한다.⁵¹⁾

51) ‘금속의 종류’ 항의 내용은 전용일, 「금속 공예기법」, 디자인 하우스, 2001, pp.13~17. 를 참조하였음.

1) 금(gold)

융점 : 1063℃ 비중⁵²⁾ : 19.32

인류가 구리 다음으로 일찍 발견해서 사용한 금속으로 기원전3000년경부터 이미 우수한 금제품을 찾아볼 수 있다. 금은 녹이 슬지 않는다. 공기 중에서도 물 속에서도 영구히 변하지 않는 금은 이산화 되지 않는 성질로 인해 금속 공예가들에게는 이상적인 재료로 애용되나 조각의 재료로서는 재료비등의 문제로 부적합하다.

금은 늘어나는 성질인 연성(延性, ductility)과 얇게 펴지는 성질인 전성(展性, malleability)이 모든 금속 중에서 가장 우수하다.⁵³⁾ 금을 세척하는 약산(pickle)으로는 질산과물을 1:8 정도로 섞은 용액이 이상적이며, 회수하기 위해 금을 녹일 때는 질산과 염산을 1:3으로 섞은 왕수(王水, aqua regia)⁵⁴⁾를 사용한다.

2) 백금(platinum)과 백금족

융점 : 1773℃ 비중 : 21.43(백금의 경우)

백금족에 속하는 금속은 백금(platinum)을 비롯하여 파라디움, 로듐, 루세튬, 이리듐, 오스미움 등이 있다. 이들은 1500~3000℃에 가까운 높은 융점을 가지고 있어 용해 시에는 산소불꽃을 사용해야 한다. 또한 거의 산화되지 않는 성질로 인해 봉사(flux) 없이도 땀이 가능하다.

52) 상대밀도라고도 함. 표준물질에 대한 어떤 물질의 밀도의 비. 어떤 물질의 비중이 유체보다 작으면 그 물질은 유체 위에 떠 있을 것이다. 헬륨을 가득 채운 기구는 하늘을 날아 다니고 기름은 물 위에 유막(油膜)을 형성하며, 납은 수은 위에 떠 있게 된다. 물질의 비중은 그 물질의 특성이다.

53) 연성(延性)의 경우, 1g의 순금으로 약2,000m(2km)까지 길게 늘려 뽑을 수가 있으며 전성(展性)이 경우, 두께가 약 0.07 μ 까지 얇은 금박(金箔)을 만들 수 있으며, 이처럼 얇은 금박을 유리판 사이에 끼고서 햇빛을 통과시키면 녹색으로 보인다고 한다. 엄준상,(1984), 전계서, p.63.

54) 왕수(王水, aqua regia):진한 질산과 진한 염산혼합물의 통칭. 보통 어떤 산에도 녹지 않는 금, 백금과 같은 귀금속까지도 용해시키기 때문에 왕수라는 명칭이 생겼다. 보통은 진한 질산 1부피와 진한 염산 3부피를 혼합한 것이며 시료를 가열할 필요가 있을 경우에는 처음부터 2배로 희석시켜서 사용하기 하는데 이것을 희왕수(希王水)라고 한다.

백금(platinum)은 금합금의 일종인 백금(white gold)과 자주 혼동되기 때문에 원어 그대로 '플래티늄' 이라고 많이 부르며, 금합금의 경우 '18백금', '18K white', '14백금' 등으로 성분비의 수치를 앞에 붙여 부르는 것이 상례이다.

백금족은 고광택과 산화되지 않는 성질로 반 이상의 산출량이 장신구 가공에 쓰이거나 의학적으로 인공장기에 사용되거나 공업용 기계, 과학기구 등에 사용된다.

3) 은(銀 , silver)

융점 : 960.5℃ 비중 : 10.49

(정은-융점: 893℃ 비중 : 10.40)

예부터 금 다음으로 선호되는 세공에 재료로서 천연성이 순금 다음으로 우수하다. 얇은 판이나 가는 선 상태로 가공되어 장신구, 화폐, 식기 등의 재료로서 널리 사용되었으며 은박, 은분 등으로도 사용된다. 또한 은과 은 화합물은 전기, 화학, 의료 기구에 사용되며 사진의 감광재로 긴요하게 쓰인다.

휘은광⁵⁵⁾에서 산출되는 은은 순은으로도 사용되나, 순금의 경우와 같이 순수한 은은 무르기 때문에 쉽게 상처가 나 고광택의 표면을 오래 유지할 수 없다는 단점이 있다. 이 때문에 많은 경우 합금을 해서 쓰는데 가장 대표적인 것이 92.5%의 은과 7.5%의 구리를 섞은 스텔링 실버(sterling silver)이다. 우리말로 정은(正銀)이라고 하며 이 합금은 단단하면서도 가공성이 좋고, 특유의 은백색을 띠어 많은 금속 공예가들이 선호한다.

정은 외에도 90~60%의 순은의 함량을 가진 은합금을 많이 쓰는데 우리나라에서 많이 유통되는 은수저의 경우 60은(순은60%)부터 80은(순은80%)까지 단단하면서도 은백색의 고유 은색을 그대로 유지한 다양한 합금을 개발해 사용하고 있다.

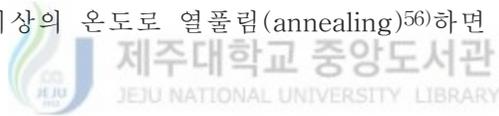
55) 휘은광(輝銀鑛) : 황화은으로 이루어진 검은 회색의 등축정계 광석. 강한 광택이 있으며 은의 원광으로 쓰인다.

4) 구리(銅, copper)

융점 : 1083℃ 비중 : 8.96

인류가 처음으로 발견하고 사용하기 시작한 금속인 동은, 순수한 동(적동)을 비롯해서 백여 가지의 합금의 형태로 오늘날에도 매우 중요한 금속으로 사용되고 있다. 현재 세계적으로 구리의 생산량과 사용량은 철, 알루미늄에 이어 세 번째이다. 동은 대표적인 비철금속으로서 뛰어난 가소성 때문에 금속 공예 분야에서 주요 재료로 쓰이며 순금과 순은 등의 귀금속을 단단히 만들기 위해 합금을 만들 때도 자주 쓰인다.

동은 전기전도율이 은 다음으로 뛰어나 전선, 전열재 등으로 많이 사용된다. 열전도율 또한 은 다음으로 뛰어나 음식을 가열하는 주방용기의 소재로 이상적이다. 동은 건조한 공기 중에서는 잘 산화되지 않으나 표면이 산화되면 암적색이 되며 특히 탄산가스나 습기가 있으면 염기성 탄산 등의 인체에 매우 유해한 푸른색의 녹이 생긴다. 동은 망치질과 같은 외부의 충격에 의해서 점진적으로 단단해 지지만 200℃ 이상의 온도로 열풀림(annealing)⁵⁶⁾하면 다시 연해지고 신장성이 회복된다.



5) 황동(黃銅, brass)

융점 : 940℃ 비중 : 8.4 (구리 67%, 아연 33% 황동의 경우)

구리에 아연을 섞은 대표적인 동합금으로 진유(眞鑰, 일본발음으로 '신쥬')라고도 한다. 우리나라에서 상용하는 황동판의 경우는 보통 30~40%의 아연이 섞인다. 황동은 아연의 함량이 증가될수록 비중, 전기 열전도율이 감소되며, 반면에 융점이 낮아지고 유동성이 좋아져 주조용 재료로 쓰이게 된다. 반대로, 아연의 함량이 감소될수록 전성, 연성 등이 좋아져 금속공예의 망치성형, 단조의 재료로서 적합해진다.

예를 들어, 시판되는 황동 중 압연가공이 아닌 주조에 의해 생산된 황동을

56) 열풀림 : 상온 가공한 금속은 가공 경화되어 경도 및 강도가 커지며, 연신율(延伸率)이 작아졌던 재질은 어떤 온도 이상으로 가열하면 다시 부드럽게 연화(軟化, softening)되어 전연성이 증가되어 가공성이 회복되도록 하는 처리과정.

구입해 망치로 때려보면 늘어나는 대신 부서지게 되는데 이는 압연 가공된 황동판에 비해 아연의 함량이 많기 때문이다.

황동은 특유의 황색을 가지며 연마에 의해 고광택을 얻을 수 있고 적동에 비해 표면의 산화가 더디어 광택을 오래 유지한다.

6) 단동(丹銅, tombac)

아연이 5~20% 정도로 소량 함유된 황동의 여러 종류를 통칭해서 동양에서는 단동, 서양에서는 톰백(tombac)이라고 한다. 이 단동은 비교적 아연이 적게 함유돼 색상이 황동에 비해 붉은 빛이 돈다. 색상이 금색에 가까우므로 모조금(模造金)의 용도로 사용하기도 하며 칠보의 바탕금속으로 많이 사용한다.

7) 길딩메탈(gilding metal)

단동의 여러 종류 중에서 아연이 5%(구리95%) 섞인 금속으로, 순동과 같이 연하며 색상이 고와 서양에서 금속 공예가들이 널리 애용하는 재료이다. 또한 서양에서 화폐, 메달 등의 주조용 재료로서도 널리 쓰인다.

8) 뉴-골드(Nu-Gold)

용점 : 1030℃ 비중 : 8.7

구리에 아연이 12% 정도 섞인 황동의 일종이다. 황동과 흡사하나 금빛을 띠어 서양에서 금속공예 재료로 널리 쓰인다.

9) 백동(白銅, nickel silver)

용점 : 1110℃ 비중:8.8 (구리75%, 니켈 18%, 아연 17%의 경우)

동에 니켈과 아연이 합금된 백색을 띠는 동합금. 양은(洋銀), 양백(洋白), 니켈 실버(nickel silver), 혹은 저먼 실버(German silver)라고도 부른다. 적동이나 황동보다는 단단하고 다루기 어려우나 흰 색상을 가지며 망치성형이 가능하므로 금속공예에서 많이 사용된다. 우리나라의 재료상에서는 니켈함량이 높은 것을 백동이라, 함량이 낮은 것을 양백으로 구분하여 판매한다. 백동은 양백에 비해 고가이며

백동전(白銅錢)에서와 같은 흰빛을 띠며 양백은 비교적 누런빛을 띤다.⁵⁷⁾

10) 청동(靑銅, bronze)

용점 : 1060℃ 비중 : 8.8(구리 96%, 주석 4% 황동의 경우)

구리와 주석이 주성분으로 이루어진 동합금이다. 역사적으로 청동기 시대를 이룰 만큼 고대 금속조형물의 주종을 이루었던 합금속이다. 강하고 단단하여 금속공예에서 판형(版型)으로 가공하기에는 적합하지 않으나, 용해하여 주형에 부으면 잘 흐르는 성질, 즉 유동성이 좋고 수축률이 적어 주조에는 이상적인 재료로서 사용되어왔다. 황동에 비해 적황색(赤黃色)을 띠며 부식에 강하고 마모되지 않아 기계 부품이나 주조에 의한 조각품, 공예품에 널리 쓰인다.

청동의 성분비는 종류에 따라 매우 다양하여 약 3~20%까지의 주석이 용도마다 다르게 포함되는데 주조용으로 많이 사용하는 것은 약 5~10%의 주석이 10~15%정도의 납, 아연등과 함께 쓰인다.

11) 놋쇠(유기, 鑪器)



제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

놋쇠는 우리나라 고유의 합금속으로 구리와 주석을 섞어 만든 청동의 일종이다. 고려시대부터 사용하기 시작해 조선조에 폭 넓게 활용되었다. 식기, 제사용기, 불구(佛具) 등을 비롯한 많은 일상 용기들이 놋쇠로 제작되었으며 이는 근대에 들어 스테인리스 용품에 의해 그 수요가 대체될 때까지 계속되었다.

놋쇠와 유기는 흔히 같은 뜻으로 통용되지만, 엄밀한 의미로 놋쇠는 유기와 한 종류이다. 즉, 놋쇠는 유기 중에서 78%의 구리와 22%의 주석을 섞어 만든 합금이며, 이는 '방짜'라고 하는 고유의 망치질 기법으로만 만들어지고 가장 고급품으로 여겨진다. 놋쇠와는 달리, 아연이 포함된 황동이나 기타 잡 금속을 섞어 만든 유기가 있는데 이를 통쇠 혹은 주물유기라고 불러 놋쇠와 구별하며, 주조에 의해 비교적 다량으로 기물을 만드는데 사용한다.

57) 백동판은 적동이나 황동에 비해 가열이 되면서 쉽게 틀어지거나 균열이 생길 수 있으므로 가열시에는 항상 전체적으로 서서히 가열해야 한다. 또한 가열이나 용해시 유독 가스가 발생할 수 있으므로 배기시설이 잘 되는 곳에서 작업해야 한다.

12) 오동(烏銅)

동 90~95%, 금 5~10%를 섞어 만든 우리나라 고유의 동 합금이다. 전통적인 방법으로 요소(尿素, 오줌)에 담가 착색을 하면 까마귀처럼 검은 색을 얻을 수 있어 오동이라 부른다. 다른 금속과 함께 사용할 때 강한 색의 대비를 얻을 수 있다.

우리나라의 전통문화재 중의 하나인 백동담뱃대는 그 몸체를 백동과 오동을 상감하여 만든 것으로 흑백의 담백한 대비효과를 보여준다.

13) 샤쿠도(shaku-do)

오동과 비슷한 일본 전통의 구리와 금의 합금으로 쿠로미도, 시부이찌 등과 함께 서양에도 널리 소개되어 사용된다. 금의 함량은 3~25%까지 매우 다양하다. 산화 착색에 의해 진홍색의 표면을 얻을 수 있다. 가장 많이 사용하는 것은 금이 약 4%정도 첨가된 것이다.



14) 알루미늄(aluminum)

융점 : 660.2℃ 비중 : 2.699

대표적으로 무게가 가벼운 금속 중의 하나인 알루미늄은 오늘날 그 사용량이 가장 급속하게 늘어나는 금속이다. 대량 생산방법이 개발된 19세기말까지 알루미늄은 대단히 비싼 금속으로서 금, 은과 같은 귀금속으로 취급되었다.

무게가 가벼우면서도 부식에 매우 강하고 다른 금속과의 합금이 용이한 관계로 건축이나 공업용 자재, 특히 비행기, 자동차 등의 운송설비의 주요 자재로 사용된다. 알루미늄은 판(sheet), 새시(sash), 선(wire), 봉(bar), 박(foil), 분말(powder) 등의 다양한 형태로 가공되며, 특히 금속 자체가 무독성의 금속이므로 식기, 식품 저장용 캔(can)이나 박(foil) 등으로 많이 사용된다.

알루미늄은 대기 중의 산소와 결합하여 단단한 산화피막(酸化皮膜, 산화알루미늄)을 형성하는데 이 때문에 잘 부식되지 않는다. 알루미늄의 이러한 성질을 이용하여 인공적으로 산화피막을 고르게 만들고 이 피막에 여러 색상의 염료를

착색하는 과정을 애노다이징(anodizing) 착색법이라 한다. 이 착색법에 의해 알루미늄은 화려하고 다양한 색상을 얻을 수 있다.

알루미늄의 뿔과 용접은 티그용접(TIG welding)으로 가능하며 몇 가지 특수한 뿔 봉과 플럭스를 사용해야만 가능하다. 이 때문에 많은 경우 알루미늄의 접합은 나사 리벳 등의 불을 쓰지 않는 접합, 즉 콜드 조인트(cold joint)에 의해 이뤄진다.

15) 니켈(nickel)

용점 : 1455℃ 비중 : 8.85

은백색의 금속으로 비교적 고가이며, 순수한 상태보다 합금속으로서 매우 중요하게 사용된다. 매우 단단하면서도 연성과 전성이 좋으며, 산화와 부식에도 강하다. 합금의 정도에 따라 회색에서부터 분홍색까지 여러 색조를 띤다.

가장 중요한 용도로는, 철과 합금되어 강도를 높이는 역할하며, 동과 합금되어 백동합금을 만든다. 주조와 단조, 그리고 뿔과 용접이 가능하다. 수술용 도구, 화학기구, 화폐, 도금용 금속 등으로 활용된다.

16) 아연(zinc)

용점 : 419℃ 비중 : 7.133

납, 주석 등과 같은 저용점 금속으로 푸른빛이 도는 백색을 띤다. 오늘날 아연은 철과 강의 표면에 도금되어 부식을 막아주는 방법으로 널리 활용된다. 난로 연통이나 빗물받이 등에서 쉽게 볼 수 있는 합석판이 이 아연도금의 가장 흔한 예다. 이 밖에도 아연은 주조에 의해 자동차 부품이나 기계부품을 만들며, 구리와 합금돼 황동(brass)을 만든다.

17) 납(lead)

융점 : 327.4℃ 비중 : 11.34

납은 고대부터 인류가 사용한 금속으로, 특히 로마 시대에는 배관, 식기, 화장품 등으로 중요하게 쓰였으며, 중세시대에는 많은 조상(彫像), 주거용품에 사용하였다. 현대와 와서도 납의 생산량은 철, 알루미늄, 구리, 아연 다음이다. 충전배터리, 공업용 기물, 연판, 뿔납, 유리, 도자기 유약 등에 널리 사용된다.

납은 특유의 부드러움으로 인해 상온에서 여러 가지 형태로 쉽게 가공될 수 있다. 납은 약뿔을 위한 뿔납으로 중요하게 사용되며, 다른 금속에 첨가되어 여러 합금속을 만든다.

납은 여러 가지 이점에도 불구하고 인체에 유해하므로 사용 시에는 매우 유의해야 한다. 피부에 일정시간동안 접촉되면 피부가 중독될 수 있으며, 납 성분이 체내에 축적되면 중금속의 중독현상을 일으킨다.⁵⁸⁾

18) 주석(tin)

융점 : 231℃ 비중 : 7.3

은백색의 광택을 갖는 주석은 부드럽고 전연성이 좋으며, 인체에 해가 없어 전통적으로 금속 공예가들이 기물을 만드는 주요 재료로 활용되었다. 특히 융점이 매우 낮으므로 주조에 쉽게 이용할 수 있는데, 주형틀은 나무, 석고, 시멘트, 모래 등을 이용할 수 있다. 주석은 유기산에 매우 강한 성질 때문에 전통적으로 식품을 담아두거나 요리를 하는 주방기구, 식품용 캔 등으로 많이 쓰였다. 오늘날에도 주석의 생산량 중 절반은 깡통을 만드는데 사용된다.

주석에 안티몬, 구리, 납 등을 각각 다른 성분비에 의해 합금하면 화이트메탈, 바비트메탈 등으로 불리는 매우 단단하고 주조에 적합한 합금이 된다. 고급 기계의 부품, 베어링 등의 공업용으로도 쓰이며 최근에는 주조에 의한 장신구에 귀금속을 대신하는 신소재로서 많이 활용된다.

58) 납에 의한 폐해는 로마가 멸망한 이유 중의 하나로 기록될 정도로 역사적으로도 유명하다. 음식을 담은 기물이나 신체와 접촉하는 기물에 납(합금) 사용할 수 없으며, 이들을 만들 때 사용하는 뿔에도 납 성분이 있어서 안 된다.

19) 퓨터(pewter, Britannia metal)

용점 : 244℃ 비중 : 7.7

퓨터는 고대부터 동방이나 로마제국에서 널리 사용되었는데 이때는 많은 양의 납을 함유하고 있었다. 19세기 중반까지도 영국이나 미대륙에서 퓨터로 많은 일상용품을 만들어 사용하였으나 이후 값싼 도자기제품이 이를 대신하면서 그 수요가 점차 줄었다. 전통적인 퓨터는 납성분으로 인하여 색상이 무겁고 식품을 담은 용기로는 적합하지 않다. 오늘날에는 납을 쓰지 않고 대부분의 성분을 주석으로 합금해 만든 일종의 퓨터 대체품을 만들어 쓰는데 이를 브리타니아 메탈(Britannia metal) 혹은 컨템퍼러리 퓨터(contemporary pewter) 라고 한다. 브리타니아 메탈은 91~95%의 주석과 4~7%의 안티몬, 1~2%의 구리를 포함하는 것을 말하나 이밖에도 여러 성분비가 있다. 퓨터는 전통적인 성형방식인 주조, 망치에 의한 판형가공, 각도 올리기, 스피닝 등으로 서양에서는 현재 많은 금속 공예가들에 의해 사용된다. 퓨터는 땀이 매우 용이하며 가공 후에는 땀 자국이 거의 나지 않는 이점이 있다.



20) 티타늄(titanium)

용점 : 1800℃ 비중 : 4.51

20세기에 들어서야 본격적으로 사용하기 시작한 티타늄은 알루미늄과 같이 가벼우면서도 철보다 4배나 단단하다. 이런 이유로 항공기, 우주선에 사용되며 열과 부식에도 강해 제트엔진, 터빈의 날개, 수중제품, 절삭도구에도 사용된다. 산업에서와 같이 금속공예에서도 티타늄은 니오비움, 탄탈럼과 함께 최근에 사용하기 시작한 신소재라 할 수 있다. 이들 금속은 애노다이징이나 기타 가열에 의해 다양하고 화려한 색상을 얻을 수 있으며, 또한 착색하지 않아도 거의 산화 변색되지 않는다. 또한 무게가 가벼워 장신구에 많이 활용될 수 있어 장신구 제작자들에게 애호된다. 티타늄은 니오비움, 탄탈럼에 비해 구입하기가 쉬우며 비교적 값이 저렴하여 이들 중 가장 많이 사용한다.

21) 철(鐵, iron)

용점 : 1539℃ 비중 : 7.87

철은 현재 인류가 가장 널리 사용하고 있는 금속이다. 철광석에서 생산되는 철은 크게 순철(純鐵, pure iron), 주철(鑄鐵, cast iron, 무쇠), 강(鋼, steel) 등 세 가지로 나누어 볼 수 있다.

(1) 순철(純鐵, pure iron)

용점 : 1530℃ 비중: 7.871

다른 불순물이 없는 순수한 원소상태의 철이다. 부드러우며 전연성이 좋아 가공하기에 쉬우나 산화작용이 심해서 습기와 산소가 있는 곳이면 상온(常溫)에서도 부식이 심하며 바닷물이나 화학약품 등에 의한 부식에는 더욱 약하다.

(2) 주철(鑄鐵, cast iron, 무쇠)

용점 : 110~1250℃ 비중 : 7.0~7.3

주철은 철, 탄소, 규소의 합금으로서 주조에 의해 만들어지는 철제품의 대부분이 이 주철이다. 탄소와 규소의 성분비는 각각 1.7~4.6%와 0.5~3.5% 정도가 일반적이며 이들 성분에 의해서 주철은 무르고 용해가 잘되어 주조하기 쉬운 성질을 갖게 된다. 주철은 압력과 과열에 견디는 힘이 강해 쉽게 마모되지 않고 수분에 의해서도 비교적 부식되지 않아 기계의 몸체나 난방기구, 냄비, 솥 등의 식기에도 널리 쓰인다.

또한 주철은 고유의 재질감과 저렴한 비용 등으로 현대의 조각가들의 주물재료로도 활용된다. 그러나 주철은 인성(靱性), 즉 외부의 충격에 견디는 힘이 적어 단조와 같은 망치성형의 소재로는 쓸 수 없다. 다시 말해 두드려 늘이거나 선으로 뽑을 수 없고 용접이나 땀이 매우 어렵다.

(3) 강(鋼, steel)

용점 : 1100~1500℃ 비중 : 7.79~7.87

강은 탄소강, 혹은 보통강이라고도 부르며, 철에 0.03~1.7%의 탄소가 포함된 합금을 말한다. 강도가 좋으며 열처리, 즉 담금질(Quenching)⁵⁹에 의해 더 단단해질 수 있는 이점이 있으며 용접이 쉽고 가소성을 갖는다. 강은 단단한 정도에 의해 연강(軟鋼, mild steel), 경강(硬鋼)으로 구분되는데 연강은 탄소함유량이

59) 금속을 높은 온도 까지 가열했다가 갑자기 냉각시키는 동안의 변화 과정에서의 조직 또는 용해도(溶解度)의 변화를 일부 또는 전부를 저지하여 금속의 질(質)을 경화(硬化)시키는 처리를 말한다. 엄준상, (1991), 전제서, p.96.

0.3% 이하로 비교적 부드럽고 연하다. 금속 공예가들에 의해 단조의 재료로서 사용하는 철은 모두 이 연강에 속한다. 또한 전통적으로 농기구나 일상용품을 단조하여 만들던 대장간에서도 주로 이 연강을 사용하였다.

탄소함유량이 0.3% 이상 되는 경강은 연강에 비해 단단하고 마모되지 않으며 탄성이 있어서 스프링, 레일, 차축 등에 사용된다.

이밖에 강 종류에는 특수한 목적을 위해 다른 원소를 첨가해 만든 합금인 특수강이 있다. 예를 들어 크롬과 니켈을 첨가해 철의 최대 결점인 녹을 방지하도록 만든 스테인리스 강(stainless steel)이나 최대한의 탄성을 갖도록 만든 스프링강도 특수강의 일종이다.



IV. 용접의 특성 및 일반적 분류

제3장에서 다양한 금속의 종류와 특성을 살펴보았다. 이처럼 금속의 종류와 그에 따른 용도가 다양함을 알 수 있는데, 작가가 의도한 작품의 제작 가능여부는 금속의 성질 및 가공방법에 따라 많은 제약을 받는 게 사실이다. 동과 스테인리스 스틸을 이용한 주물기법은 작가들의 모델링 작업을 통해 주로 주물업체에서 제작이 이루어지는데 이는 그 제작 과정과 제반시설 등을 작가 개인이 갖추어 직접제작하기에는 과도한 부담이 가중되기 때문이라 할 수 있다.

따라서 제 4장에서는 작가들 스스로 직접 다루기 힘든 주물관련기법의 언급은 배제하고 '철과 불'로 내면 의식을 표출한다고 일컬어지는 용접기법을 중심으로 그 특성에 대해서 전반적으로 살펴보도록 하겠다.



1. 용접의 특성

이탈리아의 보치오니(Umberto Boccioni, 1882~1916)⁶⁰⁾가 1912년 미래주의⁶¹⁾ 선언에서 나무, 돌과 같은 전통적 재료만이 아니라 많은 새로운 물질이 조각의

60) 보치오니 : 1910년 마리네티의 미래주의 선언문에 동조하여 보치오니(Umberto Boccioni, 1882~1916), 카라(Carlo Carrà 1881~1966), 루솔로(Luigi Russolo 1885~1947), 발라(Giacome Balla 1871~1958), 세베리니(Gino Severini 1883~1966) 등 5명의 이탈리아 화가들은 '회화에 관한 미래주의 선언'을 발표했다. 그들은 선언문에서 동적인 리듬감을 부여하는 역동적인 감각을 표현해야 한다며 회화의 혁신을 주장했다. 1912년에 제1회 '미래주의 회화전'을 통해서 '조각의 미래주의 선언'을 하게 되었는데 이 선언문은 조각원리에 대한 분석을 담고 있다. 1914년에는 미래주의 회화의 조각이라는 중요한 저술을 넘기기도 했는데 입체주의와 미래주의의 다른 점을 이론적으로 설명해주고 있다. 조각에 대한 그의 혁신적 사상은 20세기 새로운 조각의 성격을 규명했다 과언이 아닐 것이다. 김석, 2005, 상계서, pp231~232.

61) 미래주의 : 20세기 초부터 1915년까지 이탈리아를 중심으로 일어난 새로운 전위미술운동으로, 당시 파리를 중심으로 입체주의가 유행한 것과 때를 같이 하여 1909년 시인 마리네티가 '미래주의 선언'을 발표하면서 시작되었다. 상계서, p.231.

재료가 될 수 있음을 선언했을 때만 하더라도 그것은 하나의 선언에 불과했다. 하지만 20세기 조각사는 새로운 미술 재료의 역사라고 해도 과언이 아닐 만큼 미술가들은 다양한 재료를 탐구했고 재료의 표현 가능성에 관심을 두었다. 다시 말해 모든 재료는 그 재료만의 특질을 가지고 있기 때문에 작가들은 자신의 아이디어를 극대화하기 위해서 적절한 재료를 선택하고자 고심하게 되었다. 특히 추상조각에서는 재료의 재질 자체가 작품의 결정적인 요소가 되기 때문에 재료 선택이 더욱 중요하게 되었다.

다양한 재료가 현대조각에서 사용될 수 있는 것은 과학이나 테크놀로지의 발달과 밀접한 관계가 있다. 새로운 재료의 발달과 더불어 현대적인 기술은 혁신적인 작품의 제작을 가능하게 하여 조각이라는 개념 자체를 바꾸는 데에 이르렀다.⁶²⁾ 이처럼 용접이라는 기술이 미술의 범주에 속하게 됨으로써 조각의 개념은 새롭게 정의가 되었다. 앞서 언급했듯이 용접조각은 조각으로서의 재료가 돌이나 나무, 청동이라는 개념을 무너뜨렸을 뿐 아니라 조각의 영역을 깎아내기(彫, carving)나 살붙임(塑, modeling)의 영역에서 넘어서 완전히 새로운 방법의 조형언어가 되었다.



용접으로 제작된 작품은 서로 다른 여러 부분이 조립된 것으로서, 표면이 하나로 이어지는 덩어리가 아니라 복잡하게 얽힌 형태의 조각이 되며, 여기에서 얻어진 형태들은 공간을 점유하기보다는 공간을 수용하고 정의하는 방식으로 구성된다. 따라서 조각이라는 용어는 이제 단단한 물체를 깎아 내는 작품의 제작방법을 지칭하는 개념에서 벗어나 보다 포괄적인 용어로서, 즉 모든 입체작품을 포괄하는 용어로 받아들여지게 되었다.⁶³⁾

새로운 개념의 조각의 탄생을 가능케 한 용접의 기원은 정확하게 알려지지 않았으나, 기원전 5,000년경에 땀을 사용한 것으로 추정되며, 용접이 실용화된 것은 18세기 말 무렵 전기 용접이 발명된 이후부터라고 기록되어 있다. 패러데이(Faraday)⁶⁴⁾가 1831년 발전기를 발명한 이후 1840년 프랑스인 리치몬드

62) 로잘린드 크라우스는 20세기 전반기 현대 조각에서 움직임의 도입, 오브제의 사용, 그리고 용접 기술의 도입을 가장 중요한 혁신으로 언급하고 있다. 김이순(2004), 전계서, p.28.

63) 상계서, p.29.

(Richemont)가 용접법을 발견하였고, 1880년대에는 탄소 아크 용접, 전기 저항 용접, 금속 아크용접, 테르밋 용접, 가스 용접 등이 차례로 발명되었다.

제1차 세계대전 이후 불활성 가스 아크 용접과 서브머지드 아크 용접이 발명되었으며 제2차 세계대전 이후에는 일렉트로 슬래그용접, 탄산가스 아크 용접, 마찰 용접, 초음파 용접, 전자 빔 용접, 레이저 용접 등이 계속 발명되었다.

공업의 발전과 더불어 지속적으로 보급되어 온 용접은 작고 단순한 가정 기구 등의 제작에서부터 기계, 자동차, 건축, 선박, 교량 및 로켓제작, 원자로 구축까지 산업화 영역이 확장되었고, 컴퓨터를 이용한 로봇 용접이 자동차 업계 등의 생산 설비 자동화에 보급되는 등 현대 생활 속에서는 용접의 실용과 기능이 극대화하고 있다.⁶⁵⁾

금속을 연결시킬 수 있는 방법은 다양한 종류가 있는데 크게 기계적 접합법과 야금적 접합법으로 나눌 수 있다. 기계적 접합법은 두 금속을 볼트나 리벳으로 고정시켜 연결하거나 얇은 금속판을 접어서 잇는 방법이며, 야금적 접합법은 금속을 물리적으로 결합시키는 방법으로 용접이 여기에 속한다.⁶⁶⁾ 즉, 용접은 서로 떨어져 있는 금속을 불로 녹여서 연결하는 것으로, 그 범위는 납땜(soldering), 브레이징(brazing), 파브리케이션(fabrication)⁶⁷⁾ 3가지를 포함한다. 다만, 알렉산더 칼더(Alexander Calder, 1898~1976)의 모빌 같은 작품에서처럼 볼트로 금속을 연결하거나 리벳을 사용하는 경우는 용접 조각에 해당되지 않는다.

64) 마이클 패러데이는 19세기 최대의 실험 물리학자로 ‘전자기학’의 아버지라고 불리는 영국의 물리학자이면서 화학자이다. 패러데이의 전자기유도법칙은 전자기에서 뿐만 아니라 순수과학과 모든 공업 기술분야에 실제로 위대하고 획기적인 성과를 후세에 가져다주었다.

65) 홍승남 「미술인을 위한 용접과 절단」 예경, 1997, p.13.

66) 김이순,(2005), 전계서. p.32

67) 파브리케이션은 주로 대형 작품일 경우, 작가가 직접 작업하지 않고 스튜디오나 공장에서 기술자가 작업을 대행하는 것을 말한다. 이 경우 작가는 작업 지시만 하고 실제 작품은 용접 기술자가 하게 된다. 1960년대에 미니멀리즘 작가들이 자신들의 미학적인 목적에서 이러한 방식을 택했다. 미니멀리스트들을 작품에서 작가 자신의 흔적을 제거하기를 원했고, 또한 거대한 공간을 점유하는 입방체를 만들기를 원하면서 이러한 용접방법을 미술에 도입하였다. 김이순(2005), 전계서 p.32.

금속을 불로 녹여서 연결한다는 개념은 이미 기원전부터 존재하였다. 기원전 3000년경에 수메르인이 사용했던 물건 중에는 땀질의 흔적이 있는 칼이 남아있고, 이집트인들도 숯불 속에 철광석을 넣어서 무르게 한 다음 망치로 두들겨 붙이는 압접(pressure welding) 기법을 구사했다는 기록이 있다.⁶⁸⁾

1920년대에는 다양한 전기 용접봉(coated electrode)이 개발되면서 가스 용접 기술과 함께 전기용접(arc welding)이 또 다른 중요한 용접기술로 사용되었다. 구리나 알루미늄 등의 비철 금속의 용접은 재료의 특성상 기술적으로 한층 어려우며, 1920년대에 와서 구리합금이나 각각의 재료에 맞는 다양한 전기 용접봉이 개발됨으로써 가능해 졌고, 마그네슘과 스테인리스스틸을 용접하기 위하여 1942년 불활성 가스 텅스텐 아크 용접(Gas Tungsten Arc Welding)이 개발 되었다. 1942년에 헬륨 가스를 이용한 용접(helium-arc welding) 기술이 개발되면서부터 좀 더 단단한 용접을 시행할 수 있게 되었다. 용접기술은 작업시간을 단축시킬 수 있었을 뿐만 아니라 불 하나만 가지고도 더 강하게 철을 연결시킬 수 있게 되면서 산업발달에 지대한 영향을 미쳤다. 이러한 용접기술은 20세기의 두 번에 걸친 세계 전쟁 동안 군수물자를 생산하는 기술로 사용되면서 철은 또 한 번의 혁신의 시대를 맞게 되었다.⁶⁹⁾

68) 이러한 기법들은 광의의 용접에 속하는 것이고 현대적 의미에서 용접은 19세기 후반에 시작되었다. 김이순(2005), 전개서, p.33.

69) 용접이 이론적으로 정리되어 보급된 것은 1933년에 링컨 전기회사 Lincoln Electric co. 가 출판한 용접 전문서적인 procedure Handbook of Arc Welding Design and Fabrication에서 비롯되었고 1948년 개설하면서 학문적으로 체계화되었다. 김이순 "戰後の 용접조각", 박사학위논문, 홍익대학교 대학원, 2002, p.20.

2. 용접의 일반적 분류

용접은 금속을 접합시키는 방법의 총칭이며 용접(fusion welding)과 압접(pressure welding), 납땜(Soldering Brazing) 등으로 크게 나눈다. 용접이란 두 개의 동일한 금속을 이들이 냉각되었을 때 지속적이고도 자기발생적인 결합력을 이루기 위해서 인접한 가장자리를 녹이고 정연하거나 서로 융합하는 것에 의해서 용해하는 것이며, 납땜은 동일하거나 동일하지 않은 두 개의 금속을 다른 금속 즉, 은, 납, 청동 등으로 서로 결합시키는 것이다. 이 과정에서 납땜이 사용되면 이것은 브레이징(Brazing)이라 불린다.

이런 기술들은 침몰된 선박의 수선과 구조를 위한 수중용접으로부터 현대의 일반작업 공정에 사용되고 있는 컴퓨터화된 아크용접에 이르기까지 널리 응용되고 있으나, 조각가의 관심사는 그에게 주어진 장구와 재료를 능숙하게 다루어 제작의도에 적합하고 폭 넓은 표현의 교과를 성취하는데 있는 것이다. 기술자는 날카로운 가장자리를 절단 토치(Torch)로 제거하려는데 반하여 조각가는 이런 특성 속에서 조각적인 가능성을 이루어 보려고 한다. 또 공장의 기술자는 그런 돌출한 부분의 나머지 자를 부분을 더욱더 매끈하게 하는데 비하여 조각가는 그런 특성을 이용하여 그것이 자기의 작품에 있어 절대 필요한 부분으로 구현시키려 할 것이다.⁷⁰⁾

1) 가스 용접법

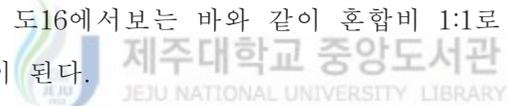
가스 용접은 가연성 가스 즉 아세틸렌가스, 석탄 가스, 수소 가스 등과 산소 또는 공기를 혼합시킨 혼합 가스의 연소열을 이용해 금속을 용융시켜 접합하는 용접법을 일컫는다.

이미 기원전 3000년 전에 청동 등의 납땜이 시작되었고, 기원전 2000년 경 부터는 철을 다루어 온 것으로 추정되는데, 이러한 흐름은 약 5000년의 발전을 거듭하여 1840년에는 프랑스 인 리치몽트(Richemont)에 의하여 현대적인 가스 용접이 고안되었다. 그 이후 칼 폰 린드(Carl von Linde)에 의해 순수 산소를

70) 이 과정에서 납땜이 사용되면 이것은 Brazing이라 불린다. 김인겸, "금속조각에 있어서 WELDING기법에 관한 연구", 석사학위논문 홍익대학교 교육대학원 1985, p.24.

이용한 용접시대가 시작되었다.

가스 용접은 용가재 없이 모재 스스로 용융되어 자생(自生) 용접(Autogenous welding)이라고도 불린다. 산소-아세틸렌 용접(oxy-acetylene welding)은 다른 가스 용접에 비해 3200℃까지 고온이 가능하고, 열 집중이 좋으며 불꽃의 조절이 용이해 보편적으로 많이 쓰는 가스 용접법이다. 가스 용접법은 타 용접법보다 가열 조절이 자유롭고, 조작 방법이 간단하고, 운반이 편리하며, 설비비가 저렴한 점에서 폭 넓게 사용된다. 균열이 생길 우려가 있는 얇은 금속 판, 파이프, 비철합금 등에 쓰인다. 용접할 때 자외선, 적외선 등이 생기지 않는 장점이 있으나, 불꽃의 온도가 낮고 폭발의 위험성이 있으며 탄화(炭化), 산화(酸化)의 우려 및 기계적 강도가 떨어진다. 이 용접법은 용융하는 용접뿐만 아니라 철, 동, 황동, 스테인리스 등 다양한 재료를 용제와 뿔납재를 이용하여 연납, 경납 등의 납땀에 사용하기도 한다. 가스 용접에서는 가연성 가스 즉, 아세틸렌과 산소를 가스 토치에 함께 유입시켜 불꽃을 얻는데 가스와의 혼합 비율에 따라 불꽃이 다르다. 도16에서보는 바와 같이 혼합비 1:1로 연소시킬 때 세 부분의 불꽃으로 구별이 된다.



(1) 가스 용접기의 구성

가스 용접을 위한 최소한의 구성을 살펴보면 용접봉과 용제, 가스 토치와 텀그리고 압력 조정기와 송급 도관으로 이루어져 있다. (도17)

용접봉을 사용함에 있어서 일반적으로 가스 모재와 동일하지 않은 보충재를 사용하는 경우가 있는데 이것은 잘못된 인식으로 인한 큰 실수의 하나이다. 용가재 즉 용접봉은 모재와 같은 재질이며, 이물질과 녹이 없는 것을 선택하고, 용융 온도가 모재와 동일해야 한다. 양호한 용접봉을 사용하여야만 접합부의 강도, 성질이 좋은 결과를 얻게 된다.

용접봉의 지름은 1, 1.6, 2, 2.6, 3.2, 4, 5, 6mm 등이고, 길이는 1m이며 용접하고자 하는 모재와 토치에 따라 선택하여야 한다. 용접봉의 선택은 모재 두께의 1/2에 1을 더한 굵기를 선택한다.

용제란 용접 중에 생기는 산화물과 유해 물질을 용융시켜 슬래그(slag)로 만들거나 산화물이 용융되는 온도를 낮추기 위하여 용제를 사용한다. 물이나 알

코올에 희석하여 쓰는 분말봉제, 용접봉에 끌려서 쓰는 액체용제가 있다.

가스 토치는 산소와 아세틸렌을 용기로부터 받아 혼합하여 연소시키는 기구이다. 손잡이 혼합실 팁의 세구조로 나눈다. 토치의 구입은 사용하는 목적에 따라 크기 등을 결정하여야 한다. 토치는 사용가스의 압력에 따라 저압식 토치와 중압식 토치로 분류한다.

용접 작업할 때 불꽃의 압력을 조절하는 팁은 A, B형이 있는데 독일식 A형은 용접하는 강판의 두께를 적용하여 팁의 번호를 선택하고 프랑스식 B형은 시간당 아세틸렌 유량으로 번호를 선택, 교환한다. 팁은 여러 크기가 한 조로 이루어져 사용할 때 조건에 따라 필요한 크기로 교환하여 사용할 수 있다.

표1. 독일식 (A형) 팁

형식	팁의 번호와 직경 (mm)					
A 1	번호	1	2	3	4	5
	구경	0.7	0.9	1.1	1.4	1.6
A 2	번호	10	13	16	20	25
	구경	1.9	2.1	2.3	2.5	2.8

2.프랑스식(B형)팁

형식	팁의 번호 및 직경(mm)							
B 00	번호	10	16	25	40			
	구경	0.4	0.5	0.6	0.65			
B 0	번호	50	70	100	140	200		
	구경	0.7	0.8	0.9	1.05	1.2		
B 1	번호	250	315	400	500	630	800	1000
	구경	1.4	1.5	1.6	1.75	1.95	2.15	2.35

출처 : 홍승남 「미술인을 위한 용접과 절단」, 예경, 1997, p.37.

해설 : 독일식 팁의 번호는 용접 가능한 두께를 표시하는데, 즉, 10번은 10mm의 연강판이 용접 가능한 것으로 표시하고 있다. 프랑스식 팁의 번호는 팁에서 불꽃으로 되어 유출되는 아세틸렌의 유량을 표시하며, 연강판의 용접 가능한 판 두께는 팁 번호의 1/100에 해당한다. 1000번은 10mm의 연강판을 용접 할 수 있다.

감압 밸브라고도 하는 압력 조절기는 고압으로 용기에 들어 있는 산소나 아세틸렌을 용접할 때 필요한 압력으로 감압하고, 용기 내의 압력 변화에 따라 조정하여 필요량으로 공급하는 장치이다. 예민하게 작동하는 계기이므로 충격, 낙하 등을 피하고 조절기를 용기에 설치할 때는 항상 용기의 밸브를 2,3회 짧게 열어 설치구의 먼지를 제거한 후 설치하며, 가스의 누설이 있나 확인하고 누설되는 경우 반드시 패킹을 교환한다.

송급도관(pipe hose)은 가스를 토치까지 송급하도록 연결하는 관으로 강관(pipe)과 고무관(hose)이 있다. 가스의 혼용을 막기 위해 산소는 검정, 초록색, 아세틸렌은 빨간 색으로 구별된다.

보통 토치에는 7.9mm 내경으로 길이 5m정도의 도관이 많이 쓰인다. 가스 고무관은 별도의 원형 걸이대를 사용하여 고무관의 꺾임이나 엉킴을 방지하여 사용하면 오랜 수명을 유지하고 간편하게 보관할 수 있다.

(2) 토치의 운봉법

비이드의 형성은 팁 끝을 강관의 표면 위 2~3mm까지 접근시켜 표면을 용해시키며 용융지를 만들어 천천히 이동한다. 일정한 용융지(molten pool)를 만들기 위해서는 팁의 일정간격, 일정 속도를 유지하여야 하며, 용접 선상에 직성으로 만드는 직선 비이드 팁을 좌우로 반복적으로 움직이며 작업하는 위이빙 비이드(weaving bead)⁷¹⁾가 있다. (도18)

용접을 할 때에는 오른 손으로 토치를, 왼손으로 용접봉을 잡고 용접을 하는데 움직이는 방향에 따라 아래와 같이 우진법과 좌진법으로 나눈다.

(3) 가스 용접 결함의 원인과 대책

용접 작업할 때 발생할 수 있는 여러 가지 일반적인 현상의 원인과 그 대책은 아래와 같다.

71) 팁을 반복적으로 빨리 움직이면 비이드의 폭이 작고, 천천히 움직이면 폭이 커진다. 일정한 진행속도를 유지하면 비이드의 폭과 용입이 고른 양호한 비이드를 얻게 된다.

표3. 가스결합의 원인과 대책

문제현상	원인	대책
점화 시 폭발음	산소의 높은 압력 노즐의 불결	산소의 압력을 다시 조절한다. 노즐을 브러시 등으로 청소한다.
역화(逆火) (손잡이 부분이 더워짐)	팁의 불결 팁의 변형, 막힘 등 팁의 과열	식힌다. 토치와 발생기의 기능을 다시 점검한다. 안전기의 물을 확인, 보충 후 사용한다.
거친 불꽃	산소의 높은 압력 노즐의 불결	산소 압력을 다시 조절한다. 노즐을 브러시 등으로 청소한다.
불안정한 불꽃	아세틸렌 도관에 침수 안전기의 기능 불능	가스 중 수분이 호스에 고이는 현상이므로 자주 청소해준다. 안전기의 수위를 재조정한다.
탁탁 소리가 남	노즐의 과열, 불결 팁과 용접재료의 접촉	소화 후 산소를 분출하며 물속에서 식히고 팁을 청소한다. 모재와 팁의 거리를 조절한다.

출처 : 홍승남 「미술인을 위한 용접과 절단」, 예경, 1997,

2) 금속 아크 용접법(Metal arc welding)

아크 용접은 1885년 베나도스(Benardos)가 -극 탄소 전극과 +극 모재 사이에 아크를 발생시켜 용가봉으로 용접하는 탄소 아크 용접⁷²⁾을 고안하였는데 오늘날의 아크 용접은 러시아의 슬라비아노프(Slavianoff)가 1889년 금속 전극을 사용한 금속 아크 용접을 응용한 것에서 시작되었다.⁷³⁾ (도19)

72) 아크 용접은 용접에 적합한 전압을 모재와 전극 사이에 가하여 아크를 발생시켜 3000~6000℃의 아크열로 금속을 용착시키는 용접법의 하나이다. 홍승남 (1997), 전제서 p.52.

73) 불활성 텅스텐 아크 용접법이 금속 아크 용접법에 속한다. 박용국 "금속조각에 나타난 표현특성에 관한 연구" 석사학위 논문, 홍익대학교 대학원 2003, p.48.

이 아크 용접법은 다른 용접법에 비해 높은 온도이고, 저항 용접보다 소전류로 깨끗한 용접을 얻을 수 있어 현재 가장 많이 사용한다. 아크 용접에는 대부분 용접 실선에 피복제를 도포한 피복 용접봉을 사용한다. 이것은 아크 발생시 고열에서 대기 중의 산소나 질소에 의해 용착 금속이 산화되는 것을 방지하고, 아크의 안정을 유도한다.

용접법은 교류 아크 용접법과 직류 아크용접 법으로 구분할 수 있는데 교류 아크 용접 법에서 용접회로의 원리는 전철이 달릴 때 전원선과 접촉부에서 생기는 불꽃을 연속적으로 발생시켜 얻게 되는 아크로 설명할 수 있다. 즉 전기적 에너지인 아크열을 이용해서 금속을 용접하는 방법이다. 교류 아크 용접은 직류보다 기계가 간편하여 무게도 훨씬 가볍고 간단한 구조라서 고장 수리가 쉽고, 전기 시설이 없는 곳에서도 자가 발전에 의한 작업이 가능하다. 또한 저렴한 가격으로 구입이 용이하고 피복재에 따라 여러 종류의 금속을 용접할 수 있는 가장 보편적인 용접법의 하나이다.

직류아크 용접 법은 아크 용접의 초기에 많이 사용되었으나, 구조가 복잡하고 유리 등이 불편하여 가격이 저렴하고 우수한 교류 아크 용접 아크 용접법이 개량됨으로써 사용이 줄어들었다. 그러나 직류 아크 용접의 특성이 단점을 보완한 인버터식 직류 아크 용접기가 개발되어 비교적 높은 가격임에도 정밀한 아크 용접에 사용되고 있다.

용접을 할 때 생기는 아크는 모재와 전극봉과의 거리, 또 길이에 비례하는 아크의 전압과 관계가 있는데, 이러한 피복아크의 특성을 살펴보도록 하겠다. 아크 용접에서 모재와 피복 용접봉과의 거리, 즉 아크의 길이를 적당하게 유지하는 것은 매우 중요한 일이다. 아크의 길이가 적절하지 않으면 용입이 불완전하고 외부 공기의 유입으로 용착 금속의 성질을 만든다. 아크의 길이가 너무 긴 것을 롱 아크(long arc)라 하는데, 아크가 흔들려 불안정하며 열이 식어 용입이 좋지 않다. 용접봉에서 녹은 덩어리가 모재에 도달하는 동안 공기 중의 산소, 질소와 작용하여 기공이나 균열을 만든다. 또 녹은 용접봉의 덩어리가 한 곳에 용융되지 않아 용접 결과가 깨끗하지 못하다. 한편 쇼트 아크(short arc)는 아크의 길이가 너무 짧은 경우로, 이때는 아크가 불연성이 되며 충분한 열량이

발생하지 못하여 용입이 충분하지 못하게 된다. (도20)

표4. 용접봉의 크기와 아크길이의 조건

용접봉의 크기(mm)	용접 전류(A)	아크의 전압(V)	아크 길이(mm)
1.6	20~50	14~17	1.6
3.2	75~135	17~21	3.2
4.0	110~180	18~22	4.0
4.8	50~220	18~24	4.8
6.4	200~300	18~26	6.4

출처 : 홍승남 「미술인을 위한 용접과 절단」, 예경, 1997,

해설 : 평균적인 용접봉의 크기와 아크길이의 조건. 용접하고자 하는 재료의 두께와 용접봉의 크기, 용접 전류의 세기, 아크 전압 등에 따라 아크의 길이를 조절해야 하며 반복된 연습으로 깨끗한 비이드를 얻을 수 있다.

피복아크 용접봉은 철사, 즉 심선 둘레에 약품, 피복제를 칠한 것이다. 용접봉이 용착되고 작업이 용이하며 경제적이고 심선보다 조금 늦게 용융되는 피복제를 사용한 것, 저장 중에 변질되지 않는 것, 습기에 피복제가 용해되지 않으며 유독 가스가 발생하지 않고 용접 후 슬래그가 쉽게 제거되는 것 등이 양질의 용접봉으로 구분된다.

용접봉은 모재의 성분과 동일할 때 최대의 용접효과를 얻을 수 있으므로 용접봉의 선택 전에 용접 모재의 재질을 확인해 두는 것이 중요하다.

연강용 - 분홍색, 흰색, 초록색, 보라색, 흑청색, 오렌지색, 오렌지-초록색, 보라색, 갈색-노란색,

고장력강용 - 노란색, 오렌지색, 검정색, 초록색, 은백색-노란색, 파란색, 흑록색-오렌지색.

저온강용 - 하늘색, 녹색, 흰색, 녹색-분홍색

스테인리스강용 - 노란색, 빨간색, 검정색, 황록색, 은색, 은색-노란색, 분홍색, 흰색, 초록색, 갈색, 밤색, 파란색, 파란색-흰색

주철용 - 은백색, 오렌지색, 은백색, 빨간색

3) 불활성 가스 텅스텐 아크 용접법(TIG)

(1) TIG 용접

TIG 용접이란 고온에서 금속과 반응하지 않는 아르곤(Ar), 헬륨(He) 등의 불활성 가스를 이용하여 텅스텐 봉이나 금속 전극과 모재 사이에 아크를 발생시켜 용접하는 아크 용접의 한 방식이다.⁷⁴⁾ (도21)

1938년 미국의 린드(Linde)사가 처음 제작하여 사용하기 시작한 이 TIG 용접기는 초기에는 헬륨가스를 사용하였으나 요즘은 거의 아르곤 가스를 이용한다. 이 용접은 사용 전류에 따라 스테인리스 강, 알루미늄 등 거의 대부분의 금속류를 용접할 수 있어 사용범위가 넓다.⁷⁵⁾

(2) TIG용접의 종류

토치와 용가재(filler metal)를 손으로 조작하는 수동식 토치는 손으로 작동하고 용가재는 기계 공급하는 반자동식, 용접과 용가재 공급을 자동으로 조작하는 자동식으로 나눈다. 일반적으로 많이 사용되고 있는 TIG 용접기는 수동식이다. TIG 용접기의 내부 기계방식으로 사이리스터(Thyristor)식, 사이리스터와 IC혼합형, 최근에 개발된 절전과 안정형 인버터(Inverter)식의 용접기가 있다. 한 대로 수용접 등 몇 가지의 기능을 겸용할 수 있는 점도 TIG 용접기의 장점이다. 이 밖에도 특수 TIG용접, TIG 아크 점(spot) 용접, TIG 아크 절단 등이 포함된다.

(3) TIG 용접의 장단점

용제(flux)를 사용하지 않아 슬래그(slag)가 없고 비이드(bead)가 깨끗하다. 또한 불활성 가스의 보호로 용접부 주변의 화학반응이 일어나지 않으며, 가스로서 안정된 저전압 아크의 열 집중 효과가 좋다. 이 용접은 가열 범위가 적어 열 수축 변형과 변질이 적은 용착금속을 얻을 수 있다. 기타 용접에 비하여 강도, 연성, 기밀성, 내식성이 좋고, 박판의 용접과 용접의 모든 자세가 가능하다. 펄스 TIG 용접기는 경합금 박판 용접 등에 양호하며 경량, 절전, 고능률로 니

74) Tungsten inert gas 용접이라 하여 TIG 또는 Gas Tungsten Arc Welding GTAW로 약칭한다.

75) TIG 용접기에는 텅스텐의 전극과 모재 사이에 아크를 발생시키기 위한 고주파 발생장치가 부착되어 있다. 아크가 발생하면 텅스텐으로 된 전극 주변에 노즐을 통하여 불활성 가스인 아르곤이 공급되어 약 3400℃의 용융부위를 대기로부터 보호하며 용접한다.

켈 합금, 스테인리스 강, 저합금강, 동합금, 티타늄강, 연강 등의 용접에 적용되는 장점을 가지고 있다. (도22) 단점으로는 사용되는 불활성 기스와 용접기의 구입비가 비싸 경비 부담의 크고 두께가 두꺼운 용접기에서는 다른 아크 용접보다 비능률적이다. 보호가스를 사용함으로 바람에 의해 시일드(shield) 작용이 방해받지 않게 외부 작업은 방풍이 되어야 하는 단점이 있다.

(4) TIG 용접의 전원

TIG 용접의 전원은 교류(AC)와 직류(DC)의 두 가지를 사용하나 용가재와 모재의 선택에 의해 결정한다. 직류에서는 모재와 토치의 극성에 따라 용접 성질이 달라지므로 전류의 특성을 이해하고 사용해야 한다.

- 교류(AC)전원 용접기

아르곤 가스를 이용하여 경금속류(알루미늄, 마그네슘, 티탄 등)를 사용하는 것이 좋다. 이 용접기로는 용접 속도와 용입 속도가 크며 불활성 기스가 절약되고 모양이 좋은 비이드(bead)를 얻을 수 있다.

- 직류(DC) 전원 용접기

용접전류회로는 모재가 +극, 토치가 -극인 정극성과 모재가 -극, 토치가 +극인 역극성 두 가지가 있다. 정극성으로 접속하여 용접하면 비이드의 폭이 좁고 용입이 깊어진다. 이 방법으로는 산화막의 청정작용이 없어 경합금의 용접에는 사용하지 않는다. 저합금강, 니켈, 동, 동합금류, 티탄, 스테인리스 강 등의 용접에 많이 사용된다.

역극성의 접속은 전극에 전자의 충돌이 커서 큰 지름의 전극이 필요하다. 비이드의 폭이 넓고 용입이 얇고 청정 작용(cleaning action)이 있어 용제(flux) 없이 알루미늄이나 마그네슘 등의 용접이 가능하다.

용접 후 비이드 주변에는 산화막이 제거되어 흰색 부분이 남게 되는데 와이어 브러시로 닦아 내면 알루미늄의 광택이 생긴다.

(5) 보호가스

① 아르곤 가스

아르곤 가스는 무색, 무취, 무미의 독성이 없는 불활성 가스이다. 비중이 공기보다 무겁고 99.99% 이상의 순도가 규정되어 있다. 보호가스로서 헬륨보다 시일드 능력이 우수하나 아크의 전압이 헬륨에 비해 낮아 경합금의 후관 용접에 부적합하다.

② 헬륨 가스

모든 가스 중에서 둘째로 가벼운 가스여서 공기보다 1/7정도 가볍다. 무색, 무취, 무미이며 독성이 없는 불활성 가스이다. 아크 전압이 아르곤보다 높아 경합금의 후관에 적합하며 아르곤 가스와 혼합하여 서로의 단점을 보완한다.

③ 혼합 가스

주로 비철금속의 용접에 쓰이는 가스로 아르곤과 헬륨을 25:75로 혼합하여 사용한다. 알루미늄과 동합금의 용접에 우수하다. 스테인리스강에는 아르곤과 산소를 99:1에서 95:5까지 혼합하여 좋은 용접성을 얻기도 한다.

4) 불활성 가스 금속 아크 용접법 (MIG)

(1) MIG 용접

TIG 용접에서 텅스텐으로 된 용접봉은 전류를 전달할 뿐이고 소모되지는 않는다. 반면에 전류를 전달하면서 그 자체도 소모되는 즉 소모전극이 되어 용접봉 역할을 하는 MIG 용접이 있다.⁷⁶⁾ (도23)

내장된 공급 장치에 의하여 연속적으로 배출되는 용가재와 모재 사이에서 생기는 아크열을 (5,000~10,000℃)이용하여 용접하는 방식이다. 이 높은 아크열이 연속적으로 공급되는 용가재를 용융하여 용착 금속을 형성하고 보호가스(shield gas)⁷⁷⁾가 노즐을 통하여 분사되어 아크 주위를 보호하여 대기의 흡입을 차단하여

76) 김이순 (2005), 전계서 p.36.

77) 용접에 사용되는 불활성 가스로는 아르곤(Ar), 헬륨(He)을 주로 사용하나 알루미늄, 동합금의 용접에서는 용접성을 향상시키기 위한 일정 비율의 혼합 가스를 사용하기도 한다. 홍승남 (1997), 전계서,p.96.

산화나 질화 현상을 막아 우수한 용착 금속을 얻을 수 있다.⁷⁸⁾

MIG 용접의 장점으로서는 일반 아크 용접처럼 용제를 사용하지 않고 불활성 가스를 이용하므로 용착률이 높아 능률적이다. 또 전류 밀도가 TIG 용접보다 높아 용융 속도가 빠르고 정격 전류치의 크기에 따라 박판, 후판 용접에 적합하다.

일반 아크 용접처럼 슬래그가 없어 비교적 깨끗한 비이드를 얻을 수 있고 다양한 비철 금속류를 용접할 수 있는 장점이 있으나 용접기와 보호가스의 가격이 비교적 높아 연강 용접 등에는 부적당한 단점이 있다.

(2) MIG 용접장치의 분류

MIG 용접은 토치의 조작을 손으로 하고 와이어만을 자동 공급하는 반자동식과 모든 용접이 기계적인 조작에 의하여 다루어지는 전자동식이 있는데 일반적으로 많이 사용되는 반자동식을 살펴보기로 하겠다.

① 와이어 송급장치

이것은 와이어를 스푼(spool)에서 뽑아 용접부에 송급하는 장치로 직류 전동기 감속 장치, 송급 롤러, 와이어 송급 속도 제어장치로 구성된다.

와이어 송급 장치는 대체로 작은 용량의 MIG 용접기 본체 내부에 설치되어 있으나 대체로 300A 이상의 기종에는 별도의 외부 송급 장치가 있는 것이 일반적이다.

② 와이어 송급방식

- 푸시(push)방식

반자동 용접에 주로 사용되는 방식으로 아래 그림과 같이 와이어스풀 바로 옆에 송급 장치를 부착하여 송급 케이블을 통해 토치로 송급하는 방식이다.

토치가 가벼워 반자동 용접 작업에 좋으나 연한 재질의 와이어는 송급 저항으

78) 근래에 각종 금속 및 합금의 개발과 함께 그 용도가 넓어지면서 금속 기법에 대한 연구도 날로 향상 발전되어 가고 있다. 현재에 가장 효과적인 용접기법 중의 하나인 미그 용접기는 1948년 개발되었으며 1954년의 플라즈마 용접(Plasma Arc Welding, PAW), 1965년의 이산화탄소 레이저 용접(CO₂ Lasers)을 비롯하여 최근 2000년에는 이스라엘에서 100만분의 1 초안에 2백만 암페어를 일으키며 용접을 할 때 열을 전혀 발생시키지 않는 자기진동 용접(Magnetic Pulse Welding)까지 개발되었다. 김이순 (2005), p.36~37.

로 구부러지게 되므로 송급 케이블 길이가 3m일 경우 강(鋼)은 0.6mm 이상을 이용하고, 알루미늄은 1.2mm 이상의 와이어를 사용하는 것이 좋다.

- 풀(pull) 방식

주로 자동 용접에서 사용하는 방식이다. 용접 토치에 직접 연결된 하나로 된 구조로서 송급시 마찰 저항이 적고 원활하여 주로 지름이 작은 연한 와이어의 사용에 적합하다.

- 푸시 풀(push-pull) 방식

스풀과 토치 양쪽에 송급 장치를 부착하여 송급 케이블이 수십 미터에 이를 때 사용하는데 송급이 원활하나 토치 조각이 불편한 단점이 있다.

- 더블 푸시(double push) 방식

스풀과 케이블의 중간에 송급 장치를 부착하여 수십 미터 길이로 사용하며 토치의 자유로운 사용이 가능한 것이 장점이다.

4) 이산화탄소 아크 용접법(CO₂ gas shield arc welding)

(1) 이산화탄소 아크 용접의 개요

이 용접기는 소모식 용접법의 하나로 와이어 공급 장치에 의하여 연속 공급되는 전극 와이어가 팁을 통과할 때 용접 전류가 와이어에 의하여 전도되어 와이어와 모재 간에 아크를 발생시켜 용융 접합한다. 이때 대기로부터 아크, 용융 금속을 보호하기 위해서 토치 선단의 노즐을 통해서 CO₂ 를 내보내는 방식으로 TIG, MIG 용접기와 기본 원리는 유사하나 보호가스가 다르다.

이 용접법은 값이 비싼 아르곤이나 헬륨 가스 대신 값이 훨씬 저렴한 탄산가스를 사용한다. 특히 경제성과 효율로 연강 종류의 용접에 많이 이용하고 있다.⁷⁹⁾

CO₂ 용접의 원리는 TIG, MIG 용접기와 같은 원리로 용접아크의 발생 시 토치의 노즐에서 탄산가스나 혼합가스를 내보내어 연속적으로 송급되는 와이어의 아크와 용융 금속을 대기로부터 보호하며 용접을 한다. 특히 일반적으로 쓰는 와이어에 탈산제인 망간(Mn), 규소(Si)를 첨가하여 산화된 기포를 없애는 효과를 만든다.

79) 1953년경부터 개발이 시작되어 사용하는 용접 법으로 보호 가스 금속 아크 용접에 속한다. CO₂ 또는 이것과의 혼합가스를 사용하여 용융 금속을 보호하고 용가제인 전극 와이어를 연속적으로 공급하여 용접한다.

(2) CO₂ 용접의 분류

CO₂ 아크 용접은 사용하는 가스 및 와이어의 종류에 따라 여러 가지로 분류한다. 전극의 용극 방식에 의하여 소모식과 비소모식으로 나눈다.

보호가스로는 순수한 탄산가스와 탄산가스에 산소나 아르곤을 혼합한 가스를 사용한다. 일반적으로 소모 식에 순수한 탄산가스만을 사용하는 방법이 가장 널리 쓰이고 있다. 다른 용접법과 같이 토치를 손으로 움직이고 나머지를 자동적으로 작동시키는 반자동식을 예로 설명한다.

5) 납땜법(Soldering Brazing)

(1) 납땜

납땜은 금속을 용해시키지 않고 두 금속의 주위에 모재보다 용점이 낮고 용합되기 쉬운 금속 용가재를 용융시켜 금속을 서로 접합하는 방법이다.

같은 금속 혹은 다른 금속의 좁은 간극을 용융된 납 등으로 모세관 침투 효과를 이용하여 접하는 것이다. 대부분 철은 납땜이 어려우며 납과 쉽게 결합 할 수 있는 아연으로 도금된 합석이나, 비금속 관의 용접에 주로 사용된다.

(2) 납땜의 종류

납땜은 사용되는 땜납재의 용융점과 납땜의 방식에 따라 용융점이 150℃ 이하인 연납땜(soldering)과 450℃ 이상의 경납땜(brazing)으로 구분한다.

① 연납땜(soldering)

용융 온도가 450℃ 이하인 납을 땜납으로 사용하는 것으로 주석, 납이 주성분이다. 종류로는 대표적인 땜납, 알루미늄과 주석, 아연의 합금으로 된 알루미늄 납, 연납이 있다.

② 경납땜(brazing)

용융 온도 450℃ 이상으로 사용하는 땜납재는 은납, 황동납, 알루미늄납, 인동납, 니켈납 등이 있다. 땜납재 조성에 따라 은 경납땜(silver brazing)과 동 경납땜(copper brazing)으로도 구분한다. 경납을 할 때는 대부분 산소-아세틸렌, 산소-LPG, 부탄을 이용한 토치 또는 토치 램프를 사용한다.⁸⁰⁾

80) 테오도르 로작이 금속의 표면에 비친 마티에르를 내기 위해 사용했던 용접기법이 바로 경납법이다. 김이순(2005),전계서, p.37.

3. TIG, MIG 용접의 재료별 특성

1) TIG 용접의 재료별 특성

(1) 스테인리스강 TIG 용접

일반적으로 3mm이하의 스테인리스강의 용접에 많이 쓰이며 피복제 및 용제가 필요 없으며 스테인리스 판재 가공, 구조물등 주의에서 흔히 사용된다. 스테인리스강의 수동 TIG용접 시에는 토륨이 가장 많이 쓰이는데 토륨 1~2%가 함유된 순텅스텐 용접법에 비하여 아크 방출이 좋고 아크 안정성도 우수하다. 수동 TIG용접봉의 전극은 끝이 뾰족하면 전류가 안정되어 열의 집중이 좋으므로 용접 전 가공하여 사용한다.

전극의 수명을 오래 유지하기 위해서는 가능한 낮은 전류를 사용하고, 모재와 접촉을 피하여 아크를 중지한 후, 사용 전극봉 지름에 따라 가스분출 (after flow)시간을 조정하여 충분히 식혀야 좋다. 보호 가스로는 보통 아르곤 가스를 이용하는데 헬륨 가스를 혼합하여 사용하기도 한다. 99.99%이상 고순도 아르곤 가스를 사용하는데 사용 시 압력조정기의 유량을 5~20ml/min정도 조절 하여 사용 한다.(도25)

3) 용접 전류

보통 직류 적극성(DCSP)의 직류 용접 전원을 사용하여 용입이 깊고 양호한 비이드를 얻을 수 있다. 수동 TIG 용접의 경우 2mm 이하의 박판에서는 용가재 없이 용접을 한다.

2) 알루미늄, 알루미늄합금 TIG 용접

교류 TIG 알루미늄 용접에서는 지르코늄 함유 전극을 일반적으로 사용하는데 전극봉의 선단을 둥글게 하여 용접을 전극의 끝이 손상되는 것을 방지한다. 알루미늄 용접에서는 혼합 가스로 아르곤 25%, 헬륨 75%를 혼합하거나 아르곤 50%, 헬륨 50%를 혼합하여 아르곤 가스만을 사용할 때 보다 아크가 안정적이고 용입이 깊다. (도24)

표5. 스테인리스강의 TIG용접전류

관두께 mm	전극봉 mm	용접 전류 mm	용가재 지름 mm	가스 유량 ℓ/min	노즐 지름 mm	용접 층수
1	1	80~110	80~110	1.6	9	1
1.6	1.6	60~90	90~110	1.6	9	1
2.3	2.3	80~120	100~120	1.6~2.6	9~11	1
3.6	3.2	110~150	100~120	2.3~3.2	9~11	1
4	3.2	130~180	100~150	2.6~4.0	11~12.5	1
5	4.0	150~220	100~150	3.2~5.0	12.5	2

출처 : 홍승남 「미술인을 위한 용접과 절단」, 예경, 1997, p.87.

내용 : 용접한 곳이 약간 움푹하게 파이는데 피복 아크처럼 불룩한 비이드를 만들려면 용가재를 사용하고, 후판의 용접 에서는 용가재를 사용하여 견고한 접합을 얻을 수 있다.

(2)용접전류

TIG 알루미늄 용접에서는 청정작용, 전극봉 손실이 적은 교류 용접 전원을 많이 사용한다. 특히 교류 고주파(ACHF)용접기는 일반 교류 용접기의 파장과 전류에 고주파 전원을 병용시킨 것으로 더욱 효율적이다.

표7. 알루미늄, 알루미늄합금 TIG용접전류

관두께 mm	전극봉 mm	용접전류 A	용접속도 mm/mm	용접봉지 름mm	가스 유량 ℓ/mm	노즐 지름 mm	용접층수
1	1.6	50~60	200~400	1.6	5~8	8~9.5	1
2	2.4	90~140	200~350	2.4	5~10	8~9.5	1
3	3.2	130~180	200~300	3.2	7~10	9.5~11	1
4	4.0	180~230	100~250	4.0	7~11	11~13	1.2
6	5.0	200~270	100~200	5.0	8~11	13~16	2

출처 : 홍승남 「미술인을 위한 용접과 절단」, 예경, 1997, p.90.

3) 동, 동합금 TIG 용접

동, 동합금은 용융 온도가 약 900~1100℃이고 열전도가 높아 가열 시간이 긴 것이 다른 금속과 다르다.(도26)

(1)용접봉 : 용접봉은 토륨 1~2%함유 텅스텐 전극을 사용한다.

(2)용접전류 : 합금 재료의 성분에 따라 직류 정극성(DCSP), 교류 고주파

(ACHF) 전원을 선택하는데 아래와 같이 각 모재별 분류에 따른 조건을 살펴본다.

(3)동 TIG용접 : 동의 용접에는 아르곤 가스 혹은 아르곤 25%+헬륨 75% 혼합가스도 사용한다. 후판일 때는 높은 온도로 예열을 하고 아크열로 시작할 때 충분히 가열 하여 용융이 되면 진행한다.

(4)인 청동 TIG용접

주로 주물이 보수 용접에 많이 쓰이는데 용접 전 예열 온도를 200℃정도 예열한 후 신속하게 용접한다. 보호 가스는 아르곤 또는 아르곤 25%와 헬륨 75%를 혼합하여 사용하고 전극봉은 토륨 2%함유 텅스텐 전극봉을 쓴다.

2) MIG용접의 재료별 특성

(1) 연강의 MIG용접

용접 와이어는 지름이 0.6mm부터 대개 2.4mm까지 있으며 시중에는 0.9mm부터 구할 수 있다. 일반적으로 합금이 아닌 경우에 많이 사용되는데 보호 가스로는 CO₂ 를 사용하고, 합금의 용접에는 CO₂ 가스만을 이용할 때는 용접 전류를 약간 높여 사용한다.

용접 와이어의 크기는 송급 롤러의 규격에 맞추거나 모재의 재질에 따라 선택해야 하는데 다음과 같다.

KS규격 - Y308, Y308L, Y309, Y316, Y316L, Y347

품명의 예 - MIG-308, MIG-308L, MIG-308LSi, MIG-309, MIG-309LSi, MIG-316, MIG-316L, MIG-316LSi, MIG-347

스테인리스 판재 년 304(27종)인 경우, 와이어는 308을 선택하여야 동일한 스테인리스 재일(27종)로 용접할 수 있다.

용접용 보호가스로는 아르곤 또는 아르곤과 산소 1~5%, 또는 CO₂ 5~25%의 혼합 가스를 쓴다. CO₂ 만 이용하는 것은 내식성의 문제로 피하는 것이 좋다.

용접 조건에 대해 예를 들면 단락 아크 용접은 판 두께가 2.0mm이고 와이어가 0.8mm, 용접전류가 90A이고 아크전압 15V일때 그리고 와이어 송급은 약 4.8m/min, 가스유량은 10~15ℓ i/min일때 최상의 조건이다.

펄스 아크 용접은 판 두께가 1.6, 와이어는 0.8mm, 용접 전류 120A이고 펄스 전류가 65A, 아크 전압은 22V이며 와이어 송급은 약 5.5m/min,이며 용접 속도는 약 40cm/min, 가스 유량은 약 20ℓ /min이어야 좋은 용접결과를 얻을 수 있다.

(2) 알루미늄, 알루미늄 합금의 MIG 용접

다른 용접과 달리 연질의 알루미늄 와이어는 풀(PULL)방식의 송급 장치가 필요하다. 주로 가는 와이어의 저 전류 저전압 용접으로 박판 용접에 좋다. 용접 보호가스로는 아르곤 25%와 헬륨 75%에서 가장 이상적인 용접효과를 얻는다.

(3) 동, 동합금의 MIG 용접

동과 동합금의 종류가 다양하기 때문에 사용되는 와이어나 보호 가스가 각각 달라 용접할 때 주의가 필요하다.

①순동(CU)

탈산동의 용접이 우수한데 보호 가스로는 아르곤이나 헬륨 또는 그 혼합 가스를 판 두께와 와이어의 지름에 따라 선택하여 쓴다. 와이어는 Ecu와 Ecu1로 V형 홈을 이용하면 양질의 용접결과를 얻을 수 있다. 6mm이상의 후판 용접에는 200°C로 예열을 한 후 용접하여 풀림 열처리 과정을 한다.

②청동

-규소-청동(Cu-Si)은 아르곤 또는 아르곤 헬륨 혼합가스를 이용하고 와이어는 ECuSi를 사용한다. 규소-청동은 예열 없이 용접이 가능하다.

-인-청동(Cu-P)은 위와 같은 보호가스를 쓰는데 MIG 용접성이 좋지만 고온 균열의 우려가 크다.

-알루미늄-청동(Cu-Al)은 위와 같은 보호가스를 쓰며 와이어는 같은 재질의 ECuAl계를 사용한다. 용접성이 좋고 예열이 필요 없다.

V. 결론

본 연구는 전후의 시대적 상황의 변화에 따라 발생한 용접조각에 대하여 현대미술에 있어서 용접조각의 형성과 그에 따른 시대적 배경과 그 의미 및 특성을 살펴보았으며, 금속을 다루기 위한 용접의 기술적 측면 및 기법과 재료에 대한 구체적인 고찰을 하였다. 또한 용접의 특성과 이러한 용접조각의 조형적 특성을 알아보았다. 용접조각을 이루는 용접의 재료들에 대하여 살펴보고, 그 일반적 특성과 한계 및 분류를 해보았으며 또한 다양한 금속을 파악해 봄으로써 조각에 있어서 금속재료의 확장을 모색 하였다.

제2차 세계대전을 미술사의 전환점으로 삼는 것은 적지 않게 우리의 의식을 변화시켰기 때문이다. 특히 추상표현주의에 대한 연구가 작품의 주제와 내용에 초점이 맞추어지면서 제2차 세계대전을 작품의 정신적 배경으로 파악하는 연구가 활발히 진행되고 있다.

조각과 같이 20세기조각에 나타난 테크닉의 변화는 지난 수세기 동안 일어났던 변화보다도 훨씬 다양하고 혁신적이었다. 이러한 테크닉의 혁신은 단순히 기술상의 변화를 의미 하는 것보다는 인간의 의식에 변화가 일어났음을 의미하는 것이며 여기서 비롯된 새로운 언어는 역사적 의의를 갖게 된다.

본 금속조각 연구의 대상인 금속의 특성을 살펴본 결과 조각의 재료로써 이용되는 금속은 극히 한정되어있으며, 이는 금속의 가격과 가공 또는 주물에 의해 다루어지는 성질과 강도 등의 많은 제약에 의한 결과라 할 수 있다.

조각에 주로 쓰이는 금속의 특성을 바탕으로 작품의 보존 관리를 연구한 결과를 서술하여 보겠다. 금속 작품은 광선이나 온도 습도 등의 외부적 환경에는 다른 작품들에 비해서 크게 영향을 받지 않으나, 대기 중의 염분이나 아황산가스 등에는 민감하게 반응하기 때문에 재료의 선택 시 이점을 고려하여야 한다.

대부분의 금속들은 빛에는 거의 반응을 하지 않으나 은(銀, silver)은 광선에 노출 시켰을 때 색깔이 변하는걸 알 수 있다.

우리가 흔히 비철금속이라 부르는 청동과 황동은 구리에 주석과 아연을 혼합

한 것으로, 황동은 청동보다 가볍고 색깔도 훨씬 밝게 느껴지는 게 특징이다. 이러한 비철금속 작품은 실내에서는 외기의 영향을 적게 받으므로 상태가 양호할 수 있으나 외기에 노출 되었을 때는 산소나 질소, 암모니아 가스등의 오염 성분에 의하여 피해를 입을 수 있다.

비철 금속류의 부식은 구리 혼합물 중 불순물과 탄화염과 황산염이 주원인이 되는데, 이러한 비철금속에 형성되는 녹 중 검은 색의 녹은 같은 부식 현상 이면서도 푸른 녹에 비해 작품 표면을 보호하는 보호피막 역할을 한다.

용접 기술의 발달로 인하여 성질이 다른 두 가지 이상의 금속을 접합하여 단일 재료의 작품에서는 느낄 수 없었던 색상의 조화라든가 재질의 변화 등을 통하여 좀 더 작가의 표현 방식을 확장 시켜주는 역할을 하고 있다.

용접에는 금속 자체의 접합부를 국부 가열하여 녹여서 접합하는 가스용접, 전기(arc)용접, 원자수소 용접, 테르밋 용접법이 있고, 접합부에 녹는점이 낮은 다른 금속을 놓고 이것을 녹여서 붙이는 납땀이 있다. 이 중에서 조각 작품 제작에 많이 쓰이는 용접 방법은 가스 용접과 전기 용접이다. 구리나 알루미늄 등의 비철 금속의 용접은 재료의 특성상 기술적으로 한층 어려우며, 1920년대에 와서 구리합금이나 각각의 재료에 맞는 다양한 전기 용접봉이 개발됨으로써 가능해 졌고, 마그네슘과 스테인리스스틸을 용접하기 위하여 1942년 불활성 가스 텅스텐 아크 용접(TIG)이 개발 되었다. 이 용접기를 이용하여 성질이 다른 금속의 접합이 제한적으로 가능 하게 됨으로 인해서 단일 재료로 구성된 금속조각에서는 느낄 수 없었던 색상의 다양화와 이질적인 재질감에서 오는 조화를 작가들이 연출 할 수 있게 되었다.

또한 용접기술의 발달은 과거에는 불가능했던 조형적 규제들로부터 자유를 안겨다 주었다. 과거에 주로 쓰였던 가스 용접법이나 금속 아크 용접법은 용접순간 높은 온도(3,000~6,000℃)를 사용하므로 박판의 용접시 재료의 변형의 위험이 있다. 반면 TIG와 MIG용접법은 불활성 가스인 아르곤이 공급되어 약 3400℃의 용융부위를 대기로부터 보호하여 용접한다. 따라서 용접 주변의 화학반응이 일어나지 않으며, 가스로 인해 안정된 저전압 아크의 열 집중효과가 좋으므로 가열범위가 적어 열 수축 변형과 변질이 적은 용착 금속을 얻을 수 있다.

근래에 각종 금속 및 합금의 개발과 함께 그 용도가 넓어져서 금속 용접법에 대한

연구가 날로 향상 발전되어 가고 있으며 이러한 용접은 여러 가지 공업의 발전과 더불어 예술가들의 작품 표현에 중요한 자유를 가져왔다.

금속의 용접 조각에 있어서 재료와 그것을 가공할 수 있는 기법의 선택은 현대의 조각가들에게 있어서 가장 시급한 문제라 여겨진다. 산업이 발달 하면서 금속을 가공 할 수 있는 장비는 놀라울 정도로 연구되고 개발되어 보급되고 있으나 반면 조각가들에 의해서 다루어지고 있는 소재와 기법은 커다란 변화를 보여주고 있지 못하고 있는 게 사실이다. 따라서 새로운 금속의 조각에의 도입과 기법의 꾸준한 연구를 통하여 실험정신을 바탕으로 한 작업이 지속되어야 할 것이다.



參考文獻

<單行本>

- 김석, 「한눈에 보는 조각사」, 지앤씨 미디어, 2005.
김영나, 「서양 현대미술의 기원」 시공사, 1996.
김이순, 「현대조각의 새로운 지평」, 혜안, 2005.
엄준상, 「금속공예」 미진사, 1984.
윤난지 「현대미술의 풍경」, 예경, 2000.
정금희, 「20세기 서양조각의 거장들」, 재원, 2000.
전용일, 「금속 공예기법」, 디자인 하우스, 2001.
최병도, 신동철, 조무현 「금속재료」, 일진사, 2003.
홍승남, 「미술인을 위한 용접과 절단」 예경, 1997.

<翻譯書>

- 中原佑介著 이윤신, 譯 「현대조각」, 한국미술연감사, 1989.
David Finn著, 김숙, 이지현 譯, 「조각감상의 길잡이」, 시공사 1995.
Hammacher.A.M著, 이승택 譯, 「현대조각」, 낙원출판사.
Herbert Read著, 김성희 譯, 「서양현대조각의 역사」 시공사, 1998.
Lucie Smith著, 김춘일 譯, 「현대미술의 흐름」 미진사, 1985.
M. Lampugnani著, 윤재희, 지연순 譯, 「현대건축론」, 세진사, 1987.
Rebert Hughes著, 최기득 譯, 「새로움의 충격」, 미진사, 1991.
Rosalind E . Krauss著, 윤난지 譯, 예경, 「현대조각의 흐름」 1997.
William Tucker著, 엄태정 譯, 「조각의 언어」 서광사, 1985.

<年鑑>

- 「Art Encyclopedia Western Art」 서울 한국미술 연감사, 1986.

<辭典>

- 중앙일보사, 월간미술編(1989), 「세계미술용어사전」
도서출판(주)아르메(1994), 「현대미술사전」

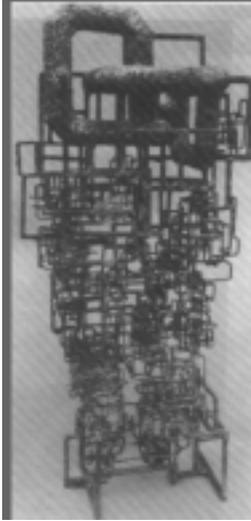
<論文>

- 김용섭, "후기 철 조각의 표현영역 확장에 관한 연구", 석사학위논문, 동아대학교 대학원, 2002.
- 김이순, "戰後의 용접조각", 박사학위논문, 홍익대학교 대학원, 2002, p.20.
- 김인겸, "금속조각에 있어서 WELDING기법에 관한 연구", 석사학위논문 홍익대학교 교육대학원 p.24.
- 박용국, "금속조각에 나타난 표현특성에 관한 연구 - Stainless Steel을 중심으로" 석사학위 논문, 홍익대학교 대학원 2003, p.48.
- 신동효, "피복Arc용접에 의한 금속조각 제작기법 연구" 석사학위논문, 홍익대학교 대학원, 1987
- 김용섭, "후기 철 조각의 표현영역 확장에 관한 연구" 석사학위논문, 동아대학교 대학원, 2002
- 이수경, "환경조각의 보존관리에 관한 연구 - 올림픽조각공원의 작품을 중심으로", 석사학위논문, 수원대학교 대학원, 1998
- 도태근, "David Smith의 금속조각 연구" 동아대학교 대학원, 1995.

<圖錄>

- 이관희(1994), 「한국의 추상미술-1960년대 전후의담면전,」, 서울: 서남재단.

參考圖版



도1. 라쏘우, 「공간의 밀도」, 철, 1967.

출처 : Lucie Smith著, 김춘일
 譯, 「현대미술의 흐름」 미진사, 1985, p.221



도2. 피카소, 「압생트 술잔」, 브론즈,
 스푼오브제, 1914

출처 : Herbert Read著, 김성희 譯,
 「서양현대조각의 역사」 시공사, 1998, p.57



도3. 에펠, 「에펠탑」, 철, 1889.

출처 : <http://blog.naver.com/arom0204>



도4. 타틀린, 제3인터네셔널 기념탑」,
 철 1920년 재구성, 스톡홀름미술관

출처 : 中原佑介著 이윤신 譯 「현대조각」,
 한국미술연감사, 1989, p.118.



도5. 칼더, 「모빌」, 철, 철사,
119x132cm, 1950.

출처 : 김석, 「한눈에 보는 조각사」,
지앤씨 미디어, 2005. p.261.



도6. 곤잘레스, 「천사」, 철, 167.7cm,
1930~32, 파리 국립근대 미술관

출처 : 中原佑介著 이운신 譯 「현대조각」,
한국미술연감사, 1989, p.96.



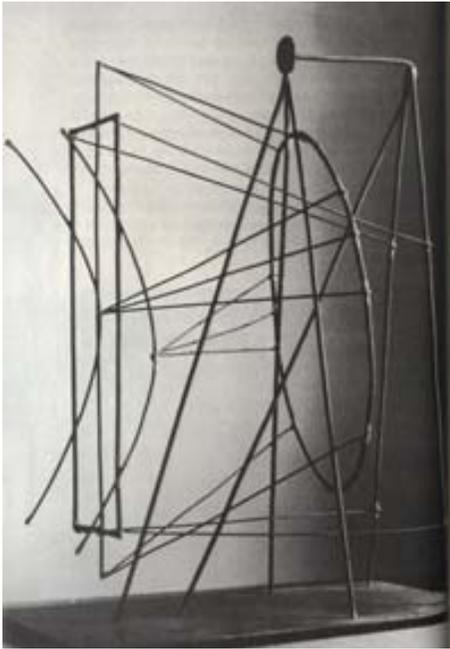
도7. 리폴드, 「천국의 새」, 금, 철사
높이 55.9cm, 1994, 뉴욕록펠러재단.

출처 : 中原佑介著 이운신 譯
「현대조각」, 한국미술연감사,
1989, p.137.



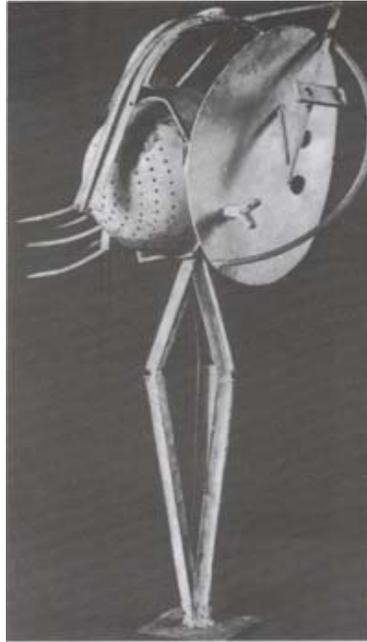
도8. 피카소, 「정원의 여인」 철,
1929~30

출처 : William Tucker著, 엄태정 譯,
「조각의 언어」 서광사, 1985. p.72.



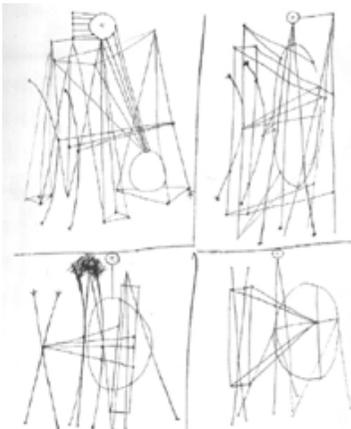
도9. 피카소 「철사 구성」, 철, 1930.

출처 : Herbert Read著, 김성화 譯,
「서양현대조각의 역사」 시공사,
1998. p.64.



도10. 피카소 「여인의 머리」, 채색된 철, 1931, 런던 테이트 갤러리

출처 : Rosalind E. Krauss著, 윤난지 譯, 예경, 「현대조각의 흐름」 1997, p.163.



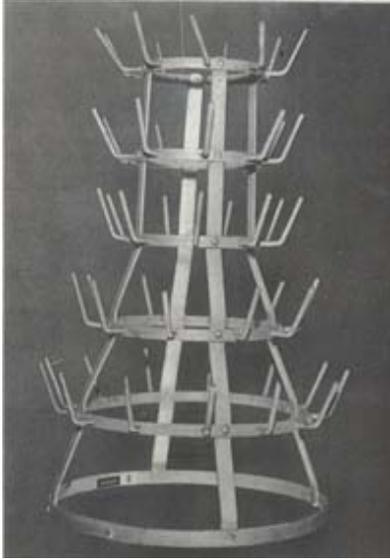
도11. 피카소, 「조각을 위한 드로잉」,
종이에 펜, 38x31cm, 1928, 제네바 장
크루지에 화랑.

출처 : 김이순, 「현대조각의 새로운
지평」, 혜안, 2005. p.39.



도12. 오펜하임, 「모피속의 점심식사」,
털로 덮힌 컵, 쟁반, 숟가락, 1936

출처 : Rebert Hughes著, 최기득 譯,
「새로움의 충격」, 미진사, 1991 .p.257.



도13. 뒤상, 「병걸이」, 오브제, 높이 64cm, 1914, 밀라노 슈바르츠 갤러리.



도14. 슈비터스, 「메르츠 회화 25A: 별이 있는 그림」 79x104cm, 1920, 뒤셀도르프-베스트팔렌 미술관

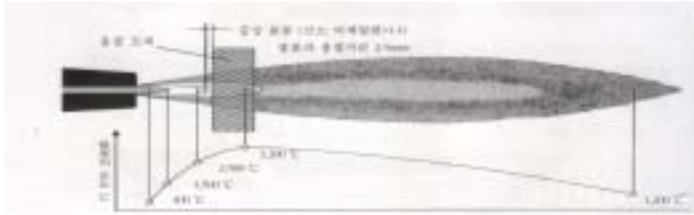
출처 : 中原佑介著 이윤신譯 「현대조각」, 한국미술연감사, 1989, p.185.

출처 : 中原佑介著 이윤신譯 「현대조각」, 한국미술연감사, 1989, p.74.



도15. 스미스, 「큐바이」, 스테인리스 스틸, 287x55x52.5cm, 1964, 런던 테이트갤러리.

출처 : 김석, 「한눈에 보는 조각사」, 지앤씨 미디어, 2005. p.259.



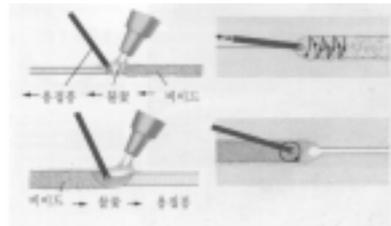
도16. 「산소-아세틸렌의 불꽃」

출처 : 홍승남, 「미술인을 위한 용접과 절단」 예경, 1997. p.34.



도17. 「가스 용접기」

출처 : 홍승남(1997), 상계서, p.23.



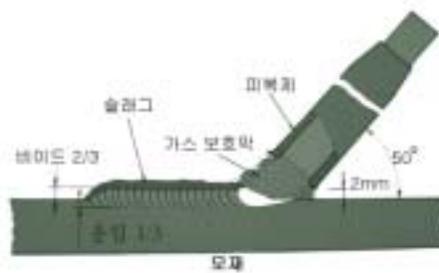
도18. 「위이빙 비드」

출처 : 홍승남(1997), 상계서, p.43.



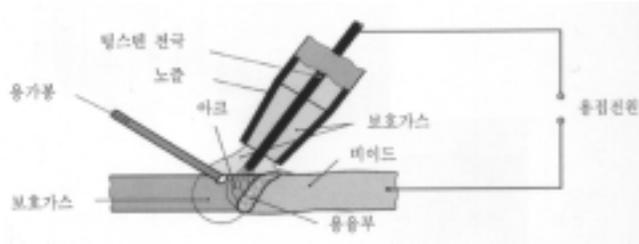
도19. 최의순, 「像」, 철,
110x80x120cm, 1963, 작가소장.

출처 : 이관희(1994), 「한국의 추상미술 -1960년대 전후의 단면전」,
서울: 서남재단,



도20. 「아크의 길이」

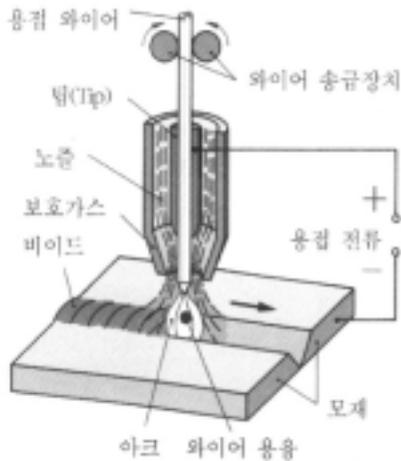
출처 : 홍승남(1997), 전계서, p.57.



도21. 「TIG용접의 원리」
출처 : 홍승남(1997), 상계서, p.76.



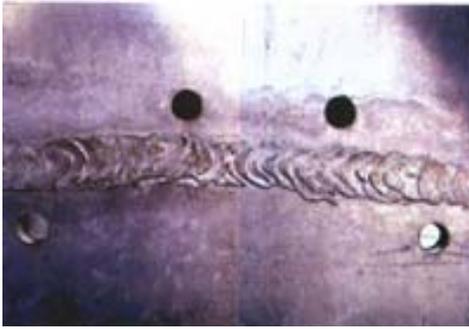
도22. 송재경, 「The Island-오름(부분)」,
스테인리스, 동, 65x20x37cm.2005.



도23. 「MIG용접의 원리」
출처 : 홍승남(1997), 전계서, p.96.



도24. 송재경, 「The Island-오름」,
스테인리스, 동, 41x17x30cm.2005.



도25. 「용가봉 수용집
출처 : 홍승남(1997), 전개서, p.91



도26. 송재경, 「The Island-섬사람」,
철, 동, 제주석 65x20x37cm

<Abstract>

A Study on Characteristics and Materials of Welded Sculpture

Song, Jae-Kyung

Department of Fine Art
Graduate School of Cheju National University

Directed by Prof. Kim, Bang-Hee

Humankind began to use iron in Asia Minor about 4000 B.C. Advance in iron culture caused considerable change in a viewpoint of art, bringing humankind aspects of further advanced war behind pursuit for happiness. The purpose of this study was to examine meaning and characteristics of welded sculpture in history of sculpture, which changed the concept of modern sculpture created in accordance with change in the condition during the postwar period, as well as to consider concretely welding technique and materials to treat metal.

Welding technique was supplied to the world rapidly after war and welded sculpture prevailed. Accidental effects found in making works made it possible to express various texture on surface and create 'living' expressive works, which served as a

momentum that welded sculpture was spread greatly after war when informel and abstract expressionism were widely favored.

Spanish Julio Gonzalez(1876~1942) is evaluated as one of a pioneer in metal engraving sculpture which was generalized after war. He showed unusual beauty using welded iron, which caused sculpture to pursue new shape and concepts. David Smith(1906~1965) who assembled and made found object and made Cubi series and Pablo Picasso(1881~1973) played a pioneering role in welded sculpture.

With iron, copper, stainless steel, etc as base metal, welding is a way of making shape by melting electrode with a flame and connecting or melting base metal itself. In the 20th century, studies on alloy of iron were continued, which sculpturer used. In addition, stainless steel developed in 1913 and weathering-resistance steel known as unmelted iron had great effects on sculpture.

Metal we use in sculpture now is iron, copper, brass, bronze, aluminum and so on. Gold, platinum, platinum group silver, tombac, gilding metal nu-gold, nickel silver, brassware, odong shaku-do, kuromido, nickel, zinc, lead, tin, pewter(Britannia metal), white metal, niobium, tantalum, etc are used only in metal craft. Likewise, metal as materials for sculpture is not limited to iron which was originated from early welded

sculpture. Instead, present tendency is that welding technique is applied to various metals on an experimental basis. What enables this application is tools well-equipped with various and up-to-date functions, like special welding and cutting equipment.

Coalescence methods are divided into two: mechanical joining and metallurgic joining. When it comes to welding methods, there are pressure welding, the same to forge welding in a way of heating and beating metal to join and fusion welding in a way of fusing the surface of welding part to join. As for welding, there are gas welding in a way of heating joining part of metal partially to join, arc welding, atom and hydrogen welding, thermit welding and soldering in a way of putting another metal with a low melting point on joining part, melting and joining this. Of these, gas welding and arc welding are mainly used in making sculpture works. For gas welding, propane gas, natural gas and liquified hydrogen gas can be used as fuel, but in general, oxy-acetylene welding using acetylene is used, which is called oxy welding.

Arc welding is a way to make arc by electric discharge between electric terminals and melt metal by the generated heat. This is divided into arc welding and inert gas welding. Of these, coated metal arc welding using coated electrode is

general, so coated metal arc welding is called arc welding.

Recently, arc welding using inert gas is used a lot. There are TIG welding(tungsten inert-gas arc welding), which uses tungsten electrode and is merchandised as argon welding, and MIG welding(metal electrode inert-gas welding) in inert gas arc welding. Soldering is a way of welding metal using chemical joining and physical adhesion of base metal without melting base metal.

As Picasso, Gonzalez, and Smith did, beginning of new sculpture is originated from continuous recognition on new things, not from repetition of expression by learning from the past. Artists themselves should study constantly expression of metal sculpture. As well, they should try out application of new metal materials and introduce methods proper to various equipment in experimental works. By doing so, it is expected that they can overcome the existing limits in making welded sculpture and progress another 'new sculpture'.