



저작자표시-동일조건변경허락 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이차적 저작물을 작성할 수 있습니다.
- 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



동일조건변경허락. 귀하가 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공했을 경우에는, 이 저작물과 동일한 이용허락조건하에서만 배포할 수 있습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

공학석사 학위논문

**FCAW를 통한 수평필렛용접 시 용접부에 미치는
용접변수의 영향과 적정조건 설정에 관한 연구**

**Study on Effect of Welding Parameters and
Determination of Suitable Condition at the Horizontal
Fillet Welding of FCAW**



2014년 8월

한국해양대학교 대학원

조선해양시스템공학과

김 형 곤

본 논문을 김형곤의 공학석사 학위논문으로 인준함.

위원장 : 공학박사 조 효 제 (인)

위 원 : 공학박사 박 주 용 (인)

위 원 : 공학박사 우 종 훈 (인)



2014년 8월

한 국 해 양 대 학 교 대 학 원

목 차

List of Figures	I
List of Tables	II
Abstract	III
제 1장 서론	1
제 2장 FCAW	2
2.1 용접변수 및 조건.....	2
2.1.1 원리 및 특징.....	2
2.1.2 용접전류.....	3
2.1.3 용접전압.....	4
2.1.4 와이어 돌출길이.....	5
2.1.5 용접속도.....	6
2.1.6 토치방향.....	6
2.2 용접변수와 비드형상의 관계.....	7
2.3 용접변수의 상관관계.....	9
2.4 아크용접로봇 시스템.....	12
제 3장 실험	14
3.1 실험조건 및 실험방법.....	14
3.2 실험결과 및 고찰.....	18
3.3 적정조건 및 실험결과 제시 DB프로그램.....	28

제 4장 결론..... 32

참고문헌..... 33



List of Figures

Fig. 2.1 가스 보호 FCAW 원리.....	2
Fig. 2.2 자체 보호 FCAW 원리.....	3
Fig. 2.3 와이어 송급속도에 따른 용접전류의 변화.....	4
Fig. 2.4 아크길이 및 와이어 돌출길이의 정의.....	5
Fig. 2.5 전진법.....	7
Fig. 2.6 후진법.....	7
Fig. 2.7 용접변수와 비드형상의 관계.....	9
Fig. 2.8 와이어에 따른 용접전류와 전압의 범위.....	10
Fig. 2.9 Flux Cored Wire, 1.4mm dia.....	11
Fig. 2.10 Fillet Joint.....	11
Fig. 3.1 실험조건 및 재료.....	14
Fig. 3.2 실험&측정 장비.....	15
Fig. 3.3 초기 용접조건 결정 & 용접변수의 실시간 제어.....	16
Fig. 3.4 초기 용접전류와 전압의 범위 설정.....	17
Fig. 3.5 실험 결과 1.....	18
Fig. 3.6 실험 결과 2.....	19
Fig. 3.7 실험 결과 3.....	20
Fig. 3.8 실험 결과 4.....	21
Fig. 3.9 Gap=0일 때, 적정 용접 데이터 1(전류-전압신호 및 비드형상).....	22
Fig. 3.10 Gap=0일 때, 적정 용접 데이터 2(전류-전압신호 및 비드형상).....	22
Fig. 3.11 Gap=0일 때, 적정 용접 데이터 3(전류-전압신호 및 비드형상).....	23
Fig. 3.12 Gap=0일 때, 적정 용접 데이터 4(전류-전압신호 및 비드형상).....	23
Fig. 3.13 Gap=1일 때, 적정 용접 데이터 1(전류-전압신호 및 비드형상).....	23
Fig. 3.14 Gap=1일 때, 적정 용접 데이터 2(전류-전압신호 및 비드형상).....	24
Fig. 3.15 Gap=1일 때, 적정 용접 데이터 3(전류-전압신호 및 비드형상).....	24
Fig. 3.16 Gap=2일 때, 적정 용접 데이터 1(전류-전압신호 및 비드형상).....	24

Fig. 3.17 Gap=2일 때, 적정 용접 데이터 2(전류-전압신호 및 비드형상).....	25
Fig. 3.18 Gap=2일 때, 적정 용접 데이터 3(전류-전압신호 및 비드형상).....	25
Fig. 3.19 Gap=3일 때, 적정 용접 데이터 1(전류-전압신호 및 비드형상).....	25
Fig. 3.20 Gap=3일 때, 적정 용접 데이터 2(전류-전압신호 및 비드형상).....	25
Fig. 3.21 Gap=3일 때, 적정 용접 데이터 3(전류-전압신호 및 비드형상).....	26
Fig. 3.22 Gap=4일 때, 적정 용접 데이터 1(전류-전압신호 및 비드형상).....	26
Fig. 3.23 Gap=4일 때, 비 적정 용접 데이터 2(전류-전압신호 및 비드형상)....	26
Fig. 3.24 최대, 최소의 용접전류와 전압.....	27
Fig. 3.25 전류, 와이어 들출길이와 용착속도의 상관관계.....	28
Fig. 3.26 Fillet-최적용접 조건 제시.....	29
Fig. 3.27 Skewed-최적용접 조건 제시.....	30
Fig. 3.28 용접조건 및 결과-상세 데이터 확인 1.....	30
Fig. 3.29 용접조건 및 결과-상세 데이터 확인 2.....	31



List of Tables

Table 1 실험결과에 의한 Gap에 따른 용접전류, 전압 범위..... 32



Study on Effect of Welding Parameters and Determination of Suitable Condition at the Horizontal Fillet Welding of FCAW

Hyoung Gon Kim

**Department of Naval Architecture and Ocean System Engineering
Graduate School of Korea Maritime University**

Abstract

Welding technology is widely used in the manufacturing industry and its significance is given greater emphasis because welding technology is directly related to the quality and productivity of the product. However, the interest in the welding is very low because it is known as one of the 3D works.

Korea has the high consumption of steel ranks and it ranks fifth in the world. It means the higher importance of welding technology compared to other developed or advanced countries.

Shipbuilding industry is normally using the traditional DC arc welding machine which is controlled with SCR by analog method. Recently a digital arc welding machine has been developed and its application is growing gradually. The power consumption of digital welding machine

can be markedly reduced and its welding quality can be also improved very much.

In this study, a lot of welding experiment using digital welding machine were carried out and their results were evaluated by observing arc state and analysing the signal of welding current and voltage. On the basis of this work the relationship of welding parameters and welding results was investigated and the suitable welding condition was proposed for the horizontal fillet FCAW which is most widely used in shipbuilding industries. Finally the DB program was made to easily get the suitable welding conditions.

KEY WORDS: ; 수평필렛용접; 용접변수; effect of welding parameters; FCAW;



제 1장 서론

용접은 조선은 물론 기계, 자동차, 건설 등의 많은 산업 분야의 제품이나 설비, 제조 등에 이르기까지 광범위하게 활용되고 그 기술의 중요성과 개발은 끊임없이 이루어지고 있다. 이렇듯 용접은 전통 제조업의 토대이며, 각 산업의 바탕이 되는 뿌리 산업이라 볼 수 있다.

하지만 우리나라에서 용접산업은 그저 주목받는 어떤 신 산업군에 뒷받침이 되는 부분으로만 생각되어 사회적 인식이 낮다는 점 등으로 홀대하고 그 중요성 또한 낮게 보고 있다. 그리고 다른 산업과 비교했을 때 용접산업은 역사와 활용범위에 비해 발전 속도가 현저히 늦다는 것을 알 수 있다. 그 동안 이러한 문제점들을 극복하기 위해 생산성, 품질성 향상과 강종의 다양화, 첨단화, 국산화 등이 극복 과제로 제시되어 왔다. 그렇지만 이는 지난 몇 년간 지속적으로 언급됐던 고질적인 병폐에 해당하며, 무엇보다 이를 하루빨리 해결하기 위한 공법개발과 직접적인 의지가 절실히 필요하다. 최근 조선산업에서는 용접사의 기량에 의해 용접품질이 좌우되던 아날로그 방식의 용접기에서 정확한 전류, 전압을 제어해 초보 용접사도 큰 어려움 없이 작업을 하는 동시에 용접품질의 향상을 가져 올 수 있는 디지털 방식의 용접기 개발과 적용이 많이 이루어지고 있다.

그리고 조선산업에서 약 80% 정도를 차지하고 있는 FCAW(Flux Code Arc Welding)는 큰 기술적 가치를 필요로 해 고능률, 저효율, 고품질을 지향하며 디지털화, 로봇화를 이행하고 있다.

그리하여 본 논문에서는 FCAW를 통한 수평필렛용접으로 보다 정확하고 좋은 품질을 얻고자 용접로봇을 활용해 용접실험을 하고, 용접부에 미치는 용접변수의 영향을 관찰하여 최적의 용접조건을 얻는다. 그리고 마지막으로 이를 데이터화 하는 데에 그 목적을 두고 있다.

제 2장 FCAW

2.1 용접변수 및 조건

2.1.1 원리 및 특징

FCAW(flux Cored Arc Welding)의 원리는 GMAW와 유사하다. 하지만 이름이 의미하는 바와 같이 와이어 중심부에 플럭스가 채워져 있으며, 이 와이어 내의 플럭스는 GMAW와 SMAW의 장점을 모두 갖추고 있는 용접법이다. 그 외에 플럭스 코드 와이어는 튜브상의 금속부로부터 전류가 흘러 솔리드 와이어보다 전류 밀도가 높아 용착속도가 크며, 플럭스에서 발생하는 보호가스 외에 외부에서 별도의 보호가스가 제공되어 아크 및 용융지의 보호효과가 뛰어나다. 그리고 수직상진용접에서 고전류 사용이 가능하고 용착속도가 높은 것이 커다란 장점으로 볼 수 있다.

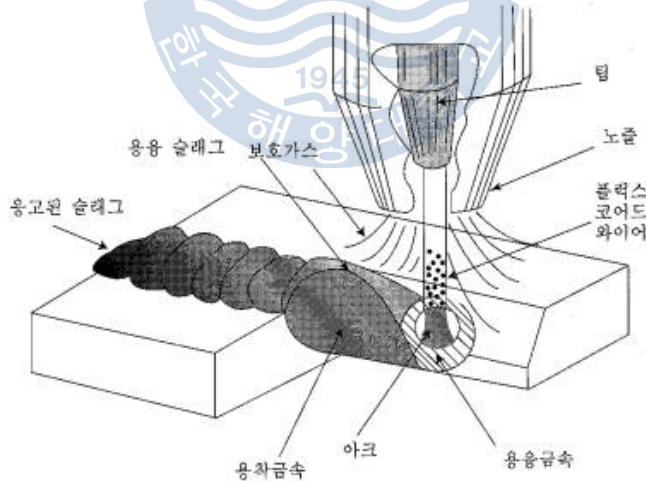


Fig. 2.1 가스 보호 FCAW 원리

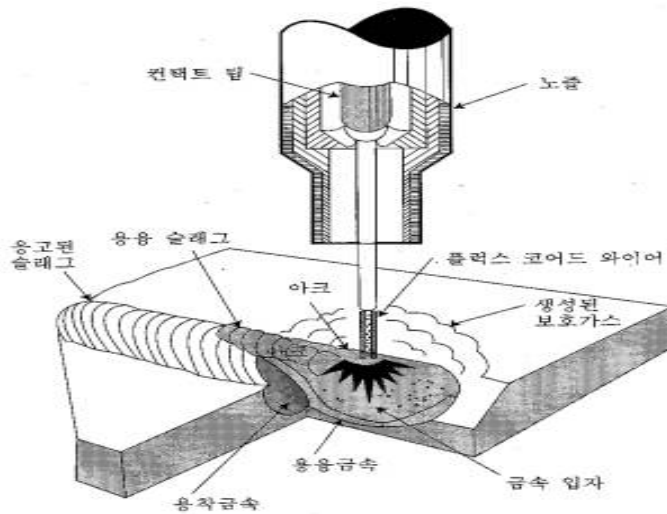


Fig. 2.2 자체 보호 FCAW 원리

FCAW는 이 외에도 다음과 같은 장점과 단점을 가지고 있다.

장점: 용착속도(GMAW보다 10%이상 향상), 전자세 용접, Slag의 박리성, 박판의 용접이 가능, 자동화 비용이 저렴, 용착효율(SMAW 속도의 4배), 방대한 전류와 전압의 범위 등.

단점: 적용 재질에 제약(Steel, Nickel Base Clad), Fume 발생, 외부 바람의 영향 등.

2.1.2 용접전류

용접전류는 용적이행 모드뿐만 아니라 용착속도 및 용입깊이를 결정하는 중요한 변수이다. 용접전류는 와이어 송급속도에 비례하기 때문에 와이어 송급속도를 조정함으로써 용접전류를 제어한다. 일반적으로 와이어 송급속도는 용착속도와 동일하므로 용접전류가 증가함에 따라 용착속도가 증가하고 모재에 가해지는 아크열이 증가하므로 용입 깊이가 증가한다. 그러나 지나치게 높은 전류는 불룩한 비드를 형성하여 외관이 좋지 못한 결과를 초래한다. 그리고 스파터

가 심하게 발생하여 슬래그 제거 또한 어려워지기 때문에 적당한 값을 선택해야 한다.

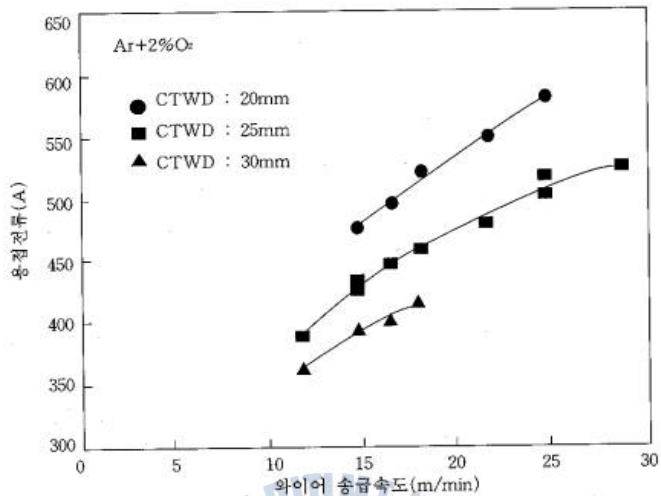


Fig. 2.3 와이어 송급속도에 따른 용접전류의 변화

위의 그림 Fig.3을 참고하면 콘택트팁과 모재간 거리(Contact Tip to Work piece Distance, CTWD)가 증가하면 용접전류는 감소하게 되는데, 이는 CTWD가 증가함에 따라 와이어 돌출길이가 길어져 저항열이 올라가기 때문이다. 일반적으로 전류값을 증가시키면 용접전압도 함께 높여, 단락을 방지하고 양호한 용접비드 형상을 얻을 수 있도록 해야 한다.

2.1.3 용접전압

용접전압은 아크전압과 혼용하여 사용하는 경우가 많은데, 엄밀한 의미에서 용접전압과 아크전압은 차이가 있다. 아크전압은 와이어 끝과 모재간의 전압을 말하며, 아크전압뿐만 아니라 용접 케이블과 접속 단자에서 발생하는 전압 강하를 포함한 전압을 말한다. 일반적으로 케이블 등에서의 전압 강하는 작기 때문에 용접 케이블이 아주 긴 경우를 제외하면 용접전압은 아크전압과 거의 같은 값을 갖는다. 용접전압은 아크길이에 비례하며 용접비드의 형상 및 용적이

행 모드에 중요한 변수로 작용한다. 그리고 용접전압이 증가하게 되면 스패터가 심하고 덧살은 낮아지며 비드 폭이 넓어져서 납작한 비드 형상을 가지게 된다. 또한 용입은 어느 정도까지 증가하다가 감소하게 된다. 자체보호 와이어의 경우에는 보호 효과가 감소하여 공기 중의 질소가 다량 혼입돼 용착금속의 기계적 성질이 나빠지며 기공이 다량 발생한다. 따라서 양호한 비드형상을 얻기 위해서는 적절한 용접전압과 전류를 사용해야 한다.

2.1.4 와이어 돌출길이

와이어 돌출길이는 콘택트 팁 선단으로부터 와이어 전극 선단부까지의 길이를 의미하는데, FCAW와 같이 소모전극 와이어를 사용하는 용접 공정에서는 중요한 변수 중의 하나이다. 돌출길이가 증가하면 저항열이 증가하기 때문에 와이어 용융속도가 증가한다. 그러나 지나치게 길어지면 스패터 발생량이 증가하고 불규칙한 아크 현상이 발생하며 보호 가스에 의한 보호 효과가 감소한다.

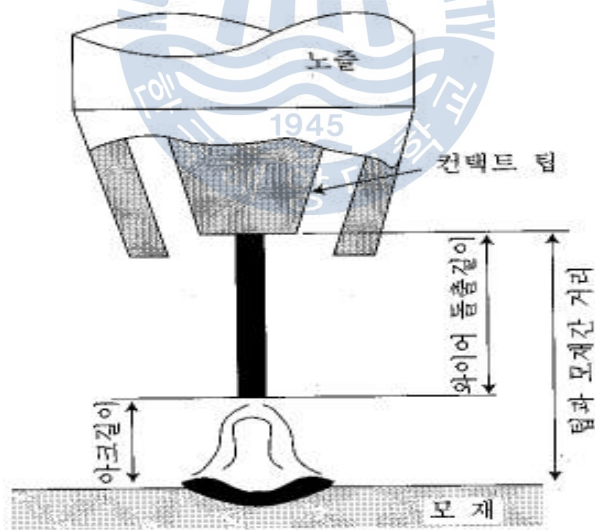


Fig. 2.4 아크길이 및 와이어 돌출길이의 정의

돌출길이가 지나치게 짧으면 가스의 보호 효과는 좋아지지만, 노즐에 스패터가 부착되기 쉽고 용접부의 외관이 나빠지며 작업성도 악화된다. 또한 불룩한

형상의 비드가 형성되며, 노즐과 컨택트 팁에 스파터가 빨리 쌓이게 된다. 일반적으로 가스보호 FCAW에서 적정 돌출길이의 범위는 12~19mm이며, 용접에 미치는 영향은 솔리드 와이어의 경우와 동일하다. 자체보호 FCAW에서는 돌출길이가 길어서 19~95mm 범위인데, 돌출길이가 50mm 이상으로 길어지면 가이드 팁(guide tip)을 사용한다.

2.1.5 용접속도

용접속도는 아크가 용접 이음부를 따라 진행하는 속도이다. 이는 용접전류, 전압과 함께 용입 깊이, 비드형상 및 아크 안정성 등에 영향을 준다. 다른 조건이 모두 동일하다면, 용입 깊이는 적정 용접속도에서 최대가 된다. 일반적으로 용접속도가 너무 빠르면 단위길이 당 투입되는 에너지가 작아지기 때문에 용입은 감소하며, 용접속도가 감소하면 용입은 증가한다. 그러나 용접속도가 너무 느리면 아크가 모재보다 용융부에 가해지기 때문에 용입이 더 이상 증가하지 않는다. 그리고 고전류에서 용접속도가 낮으면 비드 외관이 거칠고 슬래그의 혼입이 발생한다. 종래의 용접기를 사용하는 반자동 용접에서는 용접속도가 일반적으로 30~50cm/min 범위이지만 인버터 용접기를 사용하여 박판 강재를 용접할 때에는 100cm/min 이상의 용접속도를 적용한다.

2.1.6 토치방향

용접 진행방향에 대한 토치방향에 따라 전진법과 후진법으로 구분된다. 밑에 있는 그림과 같이 전진법에서는 토치를 용접진행 방향 반대쪽으로 15~20°로 유지하는 방법이고, 후진법은 용접 진행방향으로 기울이는 방법이다. 아크 안정성, 용융지의 보호효과 측면에서 후진법이 양호하기 때문에 일반적인 용접에서는 후진법이 사용된다. 그러나, AI합금과 같이 용융지 전방에 있는 모재에 대해 청정작용이 필요할 경우에 있어서는 전진법이 유리하다.

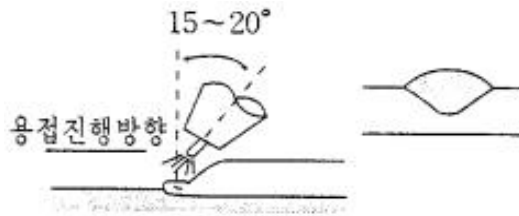


Fig. 2.5 전진법

다음은 전진법의 특징이다.

1. 용접선이 잘 보이고, 정확한 운봉이 가능하다.
2. 비드 높이가 낮고, 평탄한 비드가 형성된다.
3. 스패터가 많으며, 진행 방향쪽으로 흩어진다.
4. 용융금속이 아크보다 앞서기 쉬워 용입이 얕아진다.



Fig. 2.6 후진법

다음은 후진법의 특징이다.

1. 용접선이 가려서 정확한 운봉이 불가능하다.
2. 비드 높이가 높고, 폭이 좁은 비드를 형성한다.
3. 스패터의 발생이 전진법보다 적다.
4. 용융금속이 앞으로 나가지 않으므로 깊은 용입을 얻을 수 있다.
5. 비드형상이 잘 보이기 때문에 비드폭, 높이 등을 제어하기 쉽다.

2.2 용접변수와 비드형상의 관계

용접전류는 아크의 에너지 상태와 와이어의 저항열을 좌우하는 주인자로 비드



형상에 결정적인 영향을 미치는 인자 중의 하나이다. 용접전류가 높아지면 비드는 전반적으로 커지게 되어 비드폭, 덧살, 용입이 모두 커진다.

용접전압은 용접전류가 일정한 겨우 일종의 저항 성분인 아크길이에 의해 결정된다. 아크길이가 증가하면 저항이 크게 되어 용접전압도 높아진다. 용접전압이 높아지면 모재 표면에 닿는 아크의 면적이 크게 되어 비드 폭이 커지며, 상대적으로 덧살 높이는 줄어든다. 반면 전압이 줄어들면 아크면적이 줄어들어 비드 폭이 좁게 되고 높이는 증가되며 용입도 증가된다. 하지만 전압이 너무 낮게 되면 높아진 덧살로 인해 아크 열이 모재의 밑부분으로 전달되기 어려워 용입은 다시 줄어든다.

용접속도는 모재에 미치는 입열량을 결정짓는 주요 인자로 역시 비드형상에 결정적인 영향을 미치는 인자이다. 속도가 높은 경우 용접선 방향으로 단위 길이 당 가해지는 입열량이 줄어들게 되어 비드 폭, 덧살, 용입이 모두 줄게 된다. 용접속도가 줄어들면 단위 길이 당 압력이 증가하므로 비드 폭, 덧살, 용입이 모두 커진다. 하지만 지나치게 용접속도가 낮으면 아크가 이미 넓게 형성된 용융지 위에 계속 작용하게 되어 용융금속이 과열되고, 유동성이 증가되어 옆으로 흘러 넘치게 된다. 이로 인해 비드 토우(toe)부에 오버랩이 형성되기 쉽고 모재의 루트부에 열이 전달되기 어려워 용입도 오히려 줄어든다.

갭과 모재의 경사각은 용접 현상에 관련된 변수는 아니지만 비드의 형상에 큰 영향을 미치는 인자이다. 갭이 클수록 아크열이 모재 루트부분에 도달하기 용이하고, 아크압력에 의해 용융금속이 갭쪽으로 밀려 비드는 오목한 형상이 되기 쉽다. 또한 모재의 수평 및 수직경사각이 크게 되면 중력에 의해 용융금속이 밑으로 흘러 내려 비드의 처짐이 발생하기 쉬우며, 수직판에는 언더컷이 수평판에는 오버랩이 발생하기 쉽다.

다음 그림은 이 모든든 변수들의 영향을 요약하여 표현한 것이다.

 high, many, large, backhand
 low, little, small, forehand





















Factors	Penetration	Bead Width	Reinforcement
Welding current 			
Welding voltage 			
Welding speed 			
Root gap 			
Torch angle 			

Fig. 2.7 용접변수와 비드형상의 관계

2.3 용접변수의 상관관계

용접변수들의 상관관계를 알면 어떠한 환경에서도 좋은 품질의 용접 결과를 얻을 수 있기 때문에 이 변수들의 상관관계를 구하는 연구는 아주 큰 의미를 가지고 있다.

일반적으로 용접재료 제조사에서는 용접전류에 따른 용접전압의 가용범위를 일차식으로 간략하게 제공하고 있다. 반자동 용접의 경우 용접전압은 용접 작업자의 경험과 기량에 따라 그 범위 내에서 선택한 후 용접작업 중 아크상태를 관찰하여 적절하게 조정한다. 자동용접의 경우는 좀 더 정밀한 전압 값의 설정이 필요하고, 정도가 높은 설정 값이 요구되므로 본 실험에서는 조선소에서 가장 많이 쓰이는 직경 1.4mm 플럭스 코어드 와이어를 이용한 CO2 용접을 실시하였다.

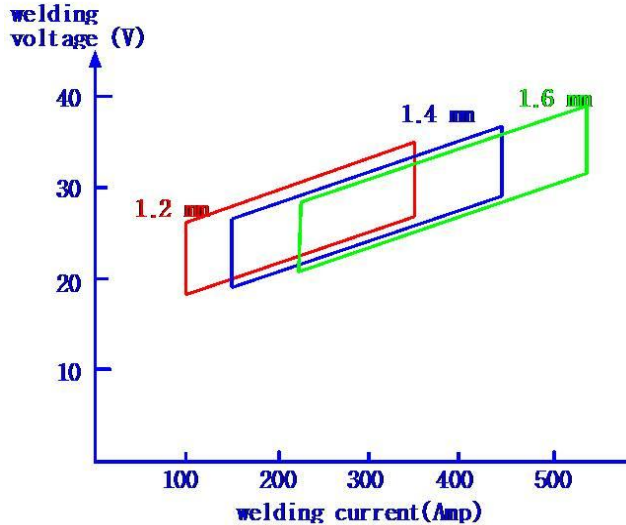


Fig. 2.8 와이어에 따른 용접전류와 전압의 범위

그리고 용착속도(Deposition Rate)는 와이어가 용융되어 이음부에 쌓이는 속도로써 용접 비드의 크기 및 형상에 관련되는 인자이다. 와이어 용착량은 와이어 용융량에서 스패터로 인한 손실을 뺀 양으로 적절한 용접조건 하에서는 용착속도는 용융속도에 비례한다. 다른 변수들이 일정할 때 용접 전류는 전극 송급 속도, 용융속도와 함께 비선형적으로 변한다. 이 현상은 식 (1)과 같이 표현되고, 식 (1)의 양변을 전류로 나누면 식 (2)와 같이 표현할 수 있다. 이 때 계수는 실험 데이터에 근거한 회귀분석을 통해 구할수 있으며, 용접전류와 용착속도의 실험데이터와 회귀분석을 통해 다음 그림 Fig. 2.9와 같은 그래프도 구할 수 있다.

$$V_D = c_1 \cdot I^2 \cdot l_{ext} + c_2 \cdot I \quad (g/min) \quad (1)$$

$$\frac{V_D}{I} = c_1 \cdot I \cdot l_{ext} + c_2 \quad (g/min \cdot A) \quad (2)$$

여기서

V_D : 용착속도, l_w : 와이어 길이

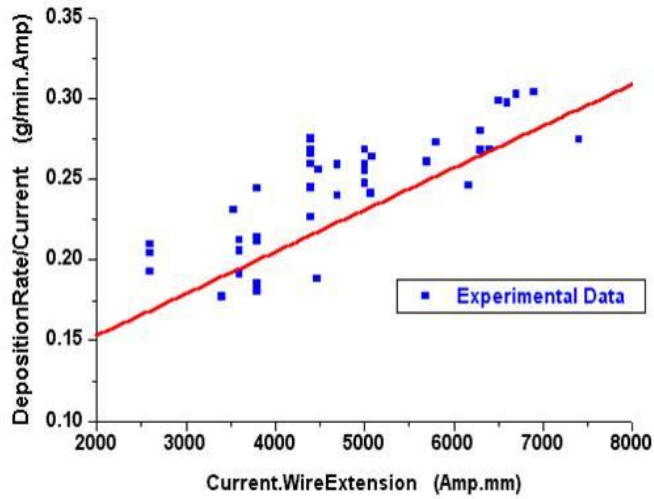


Fig. 2.9 Flux Cored Wire, 1.4mm dia

용착면적은 와이어가 용융되어 채워진 이음부의면적을 의미하며, 이음부의 형상이 주어지면 구해진다. 먼저 식 (3), (4), (5)를 통해 각장 면적, 갭 면적 및 덧살 면적을 구할 수 있고, 이를 합산하여 식 (6)과 같이 용착면적을 계산할 수 있다.

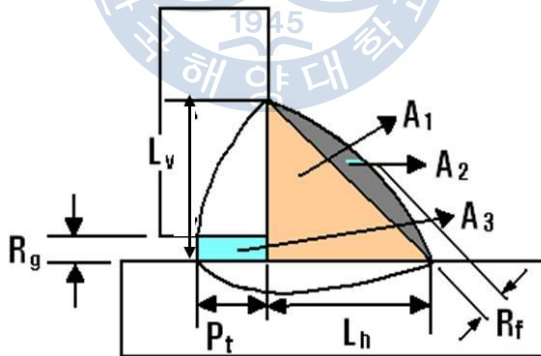


Fig. 2.10 Fillet Joint

$$A_1 = L_h \cdot I_v / 2 \quad (3)$$

$$A_2 = \sqrt{L_h^2 + L_v^2} \cdot R_f \cdot 2/3 \quad (4)$$

$$A_3 = P_t \cdot P_g \quad (5)$$

$$A_{dep} = A_1 + A_2 + A_3 \quad (6)$$

식 (6)에 의해 표현된 용착면적은 단위시간 당 용착량과 용접속도로 나타내고, 단위를 일치시키면 식 (7)로 표현된다. 그리고 이를 단위시간 당 용착량으로 나타내면 식 (1)과 같으므로 식 (8)이 된다. 따라서 용접속도는 식 (9)로 나타낼 수 있다.

$$A_{dep} = \frac{V_D \cdot 100}{V_s \cdot \rho} (mm^2) \quad (7)$$

$$V_D = \frac{A_{dep} \cdot V_s \cdot \rho}{100} = b_1 \cdot I + b_2 \cdot I^2 \cdot l_w (g/min) \quad (8)$$

$$V_s = \frac{(b_1 \cdot I + b_2 \cdot I^2 \cdot l_w) \cdot 100}{A_{dep} \cdot \rho} (cm/min) \quad (9)$$

이제 전류와 와이어 돌출길이가 주어지고, 요구각장 및 갭이 주어지면 식 (9)에 의해 그 때의 용접속도를 구할 수 있다.

2.4 아크용접로봇 시스템

용접은 산업용 로봇이 가장 많이 적용되고 있는 분야 중의 하나이다. 자동차 산업과 조선산업에서는 이미 오래 전부터 산업용 로봇을 도입하여 차체 조립 및 선박 조립에 활용하여 생산성의 획기적인 증대와 품질 안정의 효과를 거두고 있다. 국내 조선소에서는 조선산업에 특화된 아크용접로봇을 개발해, 선박 조립공정에 적용함으로써 국내의 조선산업의 경쟁력을 세계 최고 수준으로 유

지하고 있다. 아크용접로봇 시스템의 기본 구성요소는 용접로봇, 용접토치 및 약세사리, 와이어 송급시스템, 보호가스 공급시스템, 프로그래밍 장치, 용접전원 및 제어기로 이루어져 있다. 이런 기본 구성요소 외에도 포지셔너, 각종 안전장치를 갖추어 보다 효율적이고 안전한 자동용접이 가능하도록 설계되어 있다.

본 연구에 쓰인 용접기는 기본적으로 6자유도의 운동이 가능하며 넓은 작업영역을 갖추고 있고, 재현성의 정도는 $\pm 1\text{mm}$ 이내이며 10년 정도 유지가 가능한 내구성을 지니고 있다.



제 3장 실험

3.1 실험조건 및 방법

실험재료는 조선소에서 많이 쓰이는 AH32 조선용 고강도강을 사용하였고, 와이어 또한 다음 시편의 두께에 적용되는 1.4mm의 Flux Core와이어를 이용한 CO2 100% 보호가스로 FCAW를 적용하였다. 자세한 내용은 아래 그림을 참고하면 된다.

Standard condition	
Plate Specification	ASTM A131
Class Grade of Plate	AH32
Mechanical Properties	315MPa
Chemical Composition (wt%)	C<0.18, Mn:0.7-1.6, Si:0.1-0.5, S<0.04
Thickness	14mm
Size of Plate	500mm×100mm×14mm

Welding material	
Welding wire	1.4mm flux core wire
Shielded gas	100% CO ₂ (20-25L/min)
Temperature and humidity	20℃, 60%

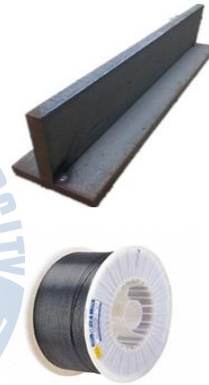


Fig. 3.1 실험조건 및 재료

실험장비는 성동조선과 셀닉스에서 개발한 디지털용접기와 연구실 장비인 6축 용접로봇으로 본 실험을 진행하였으며, 모니터링 장치(용접전류, 전압 검출)와 비드측정장비(각장, 각목, 덧살, 언더컷, 오버랩 검출)를 활용해 실험결과를 확인 할 수 있었다.



Kawasaki D plus robot



SUNG Dong DS-600A



Welding inspection system



Weld bead inspection system

Fig. 3.2 실험&측정 장비

통상적으로 용접법에 따라 많은 실험과 그 경험에 의한 표준 전류, 전압 값이 있다. 하지만 용접기의 성능을 비롯해 재료와 와이어 등의 용접 조건과 환경이 용접변수에 영향을 준다. 그래서 다음 그림 Fig. 3.3을 참고해 초기 용접 조건을 결정하고, 실시간으로 용접변수에 의한 변화를 제어해 가며 최적의 용접 조건을 찾아낸다.

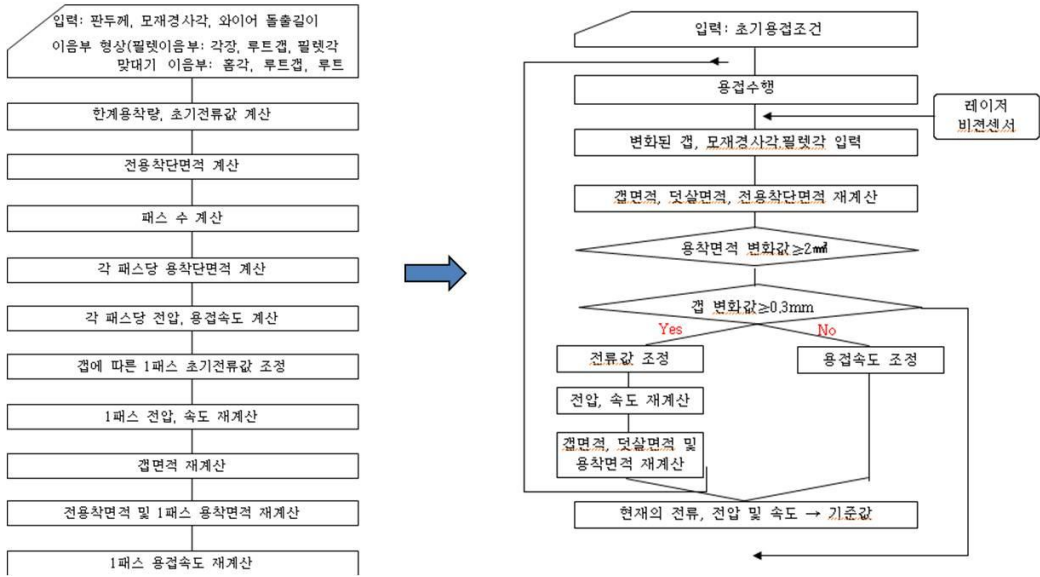


Fig. 3.3 초기 용접조건 결정 & 용접변수의 실시간 제어

그림 Fig. 3.3에 표기 된 것과 같이 가장 먼저 실험에 쓰일 재료, 와이어, 용접자세, 이음부 등의 용접 조건을 설정한다. 그리고 용접불량이 나지 않는 최소와 최대의 용접전류와 전압의 범위를 구하고, 갭을 고려한 범위 또한 구하게 된다. 그림 Fig. 3.4는 Bead on Plate 용접으로 세팅 값과 용접기의 실제 출력값의 관계를 구한 결과이다. 다음으로 용접변수를 제어하는데, 이 부분에 있어 각장을 만족시키는 갭 면적, 덧살 면적, 용착 면적을 구하고 이 변화를 확인인하며 변수들을 지속적으로 조절해 좋은 품질의 비드형상을 얻는 최적 조건을 찾아낸다.

용접기 세팅값		전류계 전압계의 측정값		모니터링		속도 cpm	돌출 길이 (mm)	용접기 세팅값		전류계 전압계의 측정값		모니터링		속도 cpm	돌출 길이 (mm)
전류	전압	전류	전압	전류	전압			전류	전압	전류	전압	전류	전압		
100	18	98	18.6	96.3	17.9	20	13	265	30	270	30	258	30.4	30	20
105	20	105	21	103.6	19.5	20	13	270	32	270	32	255.8	32.4	30	20
125	20	130	20.4	125.2	21.2	20	13	275	32	275	31.6	267.6	32.3	30	20
130	22	130	23	123	23.4	20	13	280	34	280	33.4	270.6	34.1	30	20
170	21	170	20.7	167	21.8	20	13	290	34	293	33.7	290	33.7	40	20
175	23	175	23.6	170.5	24.1	20	13	295	36	300	35.6	288.8	35.9	40	20
195	23	197	23	198.7	23.6	20	13	315	36	315	35.5	306.5	35.5	40	20
205	25	210	25	201.5	25.6	20	13	320	38	320	37.6	308.3	38.1	40	20
225	25	230	24.6	230	25.3	20	13	330	38	330	37	321.7	37.1	40	20
230	27	240	26.7	232.3	27.4	20	13	335	40	335	39	323.5	39.1	40	20
230	28	235	28	227.8	28.7	30	20	350	38	350	37.6	343	36.5	40	20
240	30	240	30	234	30.8	30	20	350	40	350	38.4	346	38.9	40	20

Fig. 3.4 초기 용접전류와 전압의 범위 설정



3.2 실험결과 및 고찰

아크 안정성에 따라 실험한 데이터를 다음 그림 Fig. 3.5, Fig. 3.6, Fig. 3.7, Fig. 3.8에 나타내었다. 그리고 각 실험 조건에서 용접비드의 각장과 각목을 측정하였고, 측정된 각장과 각목에 따라 용착면적을 계산하였다.

Gap (mm)	용접기 세팅		모니터링		속도 cpm	동축 길이 (mm)	각장 (mm)상/하	덧살	각목 (mm)
	전류	전압	전류	전압					
0	140	24	199.4	24.57	20	13	6.4/7.8	0.4	5.2
0		25	205.2	25.93	20	13	7.2/7.2	0.3	5.2
0		26	215.4	26.45	20	13	7.7/7.0	0.3	5.4
0		27	217.9	27.77	20	13	7.2/7.6	0.3	5.4
0		28	211.5	28.83	20	13	7.3/7.5	0.2	5.4
0		29	209.8	30	20	13	7.4/7.3	0.2	5.5
0		28	250.4	28.1	30	13	6.4/6.8	0.3	4.6
0	170	28	250.2	28.2	30	13	6.6/6.8	0.4	4.9
0		30	255.8	30.5	30	13	7.0/7.7	0.1	4.7
0		30	262.7	30.4	30	13	7.0/7.9	0.1	4.9
0		32	255.4	32.5	30	13	6.7/6.9	0.2	4.9
0		32	252.6	32.5	30	13	6.9/7.0	0.2	4.9
0	220	32	301.6	31.4	50	20	6.2/5.8	0.5	4.7
0		32	311	31.7	50	20	6.6/5.7	0.2	4.6
0		34	309.7	33.5	50	20	5.9/5.6	0.4	4.3
0		34	310.6	33.4	50	20	5.6/6.1	0.3	4.3
0		36	310.7	35.8	50	20	5.7/6.9	0.1	4.7
0		36	319.3	35.2	50	20	5.7/7.1	0.2	4.7
0		36	349.6	34.8	50	20	6.7/7.0	0.5	5.4
0	270	36	345.5	35.1	50	20	6.5/6.9	0.4	4.7
0		38	345.6	36.5	50	20	6.3/6.8	0.5	4.9
0		38	355.6	36.5	50	20	6.8/7.1	0.4	5.4
0		40	362.8	38.4	50	20	6.4/7.1	0.5	5.4
0		40	354	38.8	50	20	6.6/7.1	0.3	4.9
0	270	38	360.3	36.6	40	20	8.3/6.9	0.5	5.4
0		38	344.8	37.1	60	20	6.0/5.8	0.5	4.8
0		38	361	36.7	30	20	10.0/7.8	0.8	6.7

Fig. 3.5 실험 결과 1

Gap (mm)	용접기 세팅		모니터링		속도 cpm	돌출 길이 (mm)	각장 (mm)상/ 하	덧살	각목 (mm)
	전류	전압	전류	전압					
0	24	199.4	24.57	20	20	13	6.4/7.8	0.4	5.2
0	25	205.2	25.93	20	20	13	7.2/7.2	0.3	5.2
0	26	215.4	26.45	20	20	13	7.7/7.0	0.3	5.4
0	27	217.9	27.77	20	20	13	7.2/7.6	0.3	5.4
0	28	211.5	28.83	20	20	13	7.3/7.5	0.2	5.4
0	29	209.8	30	20	20	13	7.4/7.3	0.2	5.5
0	28	250.4	28.1	30	30	13	6.4/6.8	0.3	4.6
0	28	250.2	28.2	30	30	13	6.6/6.8	0.4	4.9
0	30	255.8	30.5	30	30	13	7.0/7.7	0.1	4.7
0	30	262.7	30.4	30	30	13	7.0/7.9	0.1	4.9
0	32	255.4	32.5	30	30	13	6.7/6.9	0.2	4.9
0	32	252.6	32.5	30	30	13	6.9/7.0	0.2	4.9
0	32	301.6	31.4	50	20	20	6.2/5.8	0.5	4.7
0	32	311	31.7	50	20	20	6.6/5.7	0.2	4.6
0	34	309.7	33.5	50	20	20	5.9/5.6	0.4	4.3
0	34	310.6	33.4	50	20	20	5.6/6.1	0.3	4.3
0	36	310.7	35.8	50	20	20	5.7/6.9	0.1	4.7
0	36	319.3	35.2	50	20	20	5.7/7.1	0.2	4.7
0	36	349.6	34.8	50	20	20	6.7/7.0	0.5	5.4
0	36	345.5	35.1	50	20	20	6.5/6.9	0.4	4.7
0	38	345.6	36.5	50	20	20	6.3/6.8	0.5	4.9
0	38	355.6	36.5	50	20	20	6.8/7.1	0.4	5.4
0	40	362.8	38.4	50	20	20	6.4/7.1	0.5	5.4
0	40	354	38.8	50	20	20	6.6/7.1	0.3	4.9
0	38	360.3	36.6	40	20	20	8.3/6.9	0.5	5.4
0	270	344.8	37.1	60	20	20	6.0/5.8	0.5	4.8
0	38	361	36.7	30	20	20	10.0/7.8	0.8	6.7

Fig. 3.6 실험 결과 2

Gap (mm)	용접기 세팅		모니터링		속도 cpm	돌출길이 (mm)	각장 (하/상)	덧살	각목 (mm)
	전류	전압	전류	전압					
0	270	35	331	33	40	20	6.8/8.5	0.4	5.9
0	270	34	323	33	50	20	6.2/7.0	0.4	5.3
0	270	32	323	31	50	20	5.6/6.2	0.6	5.1
0	270	36	317	35	50	20	6.4/6.8	0.4	5
0	270	34	317	33	50	20	6.3/6.5	0.4	4.9
0	270	36	315	35	50	20	6.2/6.7	0.6	5.3
0	270	32	315	31	50	20	5.5/6.2	0.8	5
0	260	37	313	36	45	20	6.9/7.1	0.4	5.1
0	260	33	310	32	45	20	6.1/6.9	0.5	4.9
0	250	36	309	35	40	20	8.1/7.3	0.1	5.4
0	270	30	308	29	50	20	5.7/6.5	1.2	5.5
0	260	31	305	30	45	20	5.6/6.5	1.3	5.4
0	250	36	304	35	40	20	6.6/7.9	0.3	5.6
0	260	35	304	34	45	20	7.3/6.7	0.2	5.2
0	230	35	303	35	50	18	5.8/5.9	0.4	5.8
0	240	35	300	34	40	20	6.7/7.4	0.3	5.1
0	240	32	288	31	50	20	5.6/5.7	0.8	4.8
0	210	28	283	28	50	15	5.5/5.4	1	4.6
0	220	35	277	35	40	20	7.3/6.6	0.1	5.6
0	220	32	276	32	50	20	6.1/5.4	0.4	4.4
0	220	30	275	30	50	20	6.1/5.1	0.5	4.5
0	220	32	274	32	50	20	5.5/5.9	0.4	4.5
0	220	28	270	28	50	20	5.9/5.9	1	5
0	210	28	264	28	50	20	5.5/5.5	0.4	4.4
0	200	28	257	28	50	20	5.4/5.2	0.4	4.2
0	170	30	254	30	50	15	4.9/5.0	0	3.8
0	200	26	246	26	50	20	5.8/4.7	0.4	4.3
0	170	28	241	28	50	15	4.8/4.5	0.6	4
0	180	28	232	28	50	20	4.8/5.2	0.2	4.8
0	150	30	219	31	50	15	4.5/4.6	0	3.3

Fig. 3.7 실험 결과 3

Gap (mm)	용접기 세팅		모니터링		속도 cpm	돌출길이 (mm)	각장 (하/상)	덧살	각목 (mm)
	전류	전압	전류	전압					
0	160	28	214	28	50	20	5.4/4.5	0	3.7
0	160	25	212	25	50	20	4.1/4.3	0.5	3.6
2	270	35	326	33	50	20	6.2/6.0	0	4.9
2	260	36	312	35	40	20	6.7/7.2	0.3	5.3
2	240	33	303	32	40	20	6.6/7.0	0.5	5.2
2	220	33	300	32	40	20	7.1/6.5	0.4	5.1
2	240	34	296	33	50	20	5.5/5.9	0.1	4.4
2	240	34	295	33	50	20	5.5/5.8	0.2	4.3
2	220	32	285	32	30	20	7.5/7.5	0.3	5.2
2	230	34	283	33	50	20	5.6/5.1	0	3.8
2	210	34	266	34	50	20	4.8/4.5	0	3.1
2	200	29	258	28	30	20	7.1/7.0	0.2	5.1
2	190	33	250	33	50	20	5.0/4.8	0	3.7
2	170	30	226	30	50	20	4.2/3.9	0	3.9
2	170	32	225	32	50	20	3.9/4.6	0	2.9
4	200	27	276	26	25	15	7.1/7.5	0.1	5
4	200	29	272	29	30	15	6.3/6.5	0	3.9
4	200	27	265	27	30	15	7.2/5.4	0.3	4.5
4	200	27	252	27	30	20	5.6/5.5	0	4
4	180	25	242	25	25	15	4.9/56.9	0.5	4.9
4	160	25	220	25	25	15	5.4/5.6	0.2	4
2	210	34	269	34	40	20	6.9/6.0	0	4.4
3	190	30	267	30	30	15	6.2/6.5	0	4.6
3	190	30	245	30	30	20	6.7/6.2	0	4.2
3	180	30	252	30	30	15	6.4/6.4	0	4.3
3	160	28	227	28	30	15	5.8/5.7	0	4.2
3	140	26	201	27	30	15	4.7/4.6	0	3.1

Fig. 3.8 실험 결과 4

다음 그림은 각 갭에 따른 좋은 품질의 용접 비드형상과 안정된 아크의 전류, 전압 그래프로서 본 실험을 통해 얻은 최적의 적정조건으로 추천하는 값들이다.

No.	Gap (mm)	용접기 세팅		모니터링		속도 cpm	돌출길이 (mm)	각장 (하/상)	덧살	각목 (mm)	용착면적
		전류	전압	전류	전압						
1	0	140	27	218	28	20	13	7.6/7.2	0.3	5.4	29.45
2	0	170	30	256	31	30	13	7.7/7.0	0.1	4.7	27.64
3	0	260	37	313	36	45	20	6.9/7.1	0.4	5.1	27.14

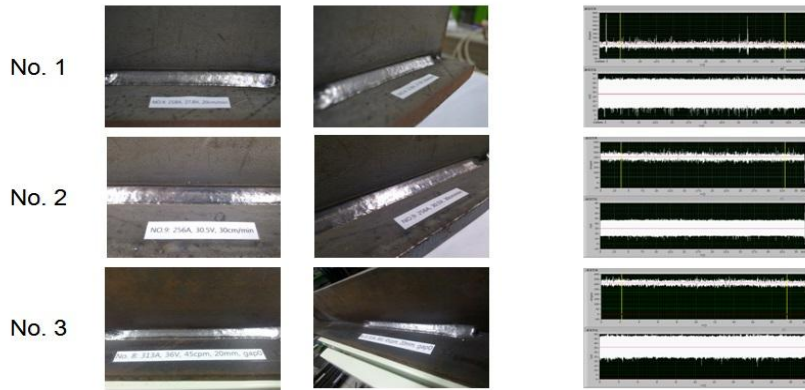


Fig. 3.9 Gap=0일 때, 적정 용접 데이터 1(전류-전압신호 및 비드형상)

No.	Gap (mm)	용접기 세팅		모니터링		속도 cpm	돌출길이 (mm)	각장 (하/상)	덧살	각목 (mm)	용착면적
		전류	전압	전류	전압						
1	0	270	34	323	33	50	20	6.2/7.0	0.4	5.3	24.19
2	0	270	34	317	33	50	20	6.3/6.5	0.4	4.9	22.89
3	0	220	32	311	32	50	20	5.7/6.6	0.2	4.6	19.97



Fig. 3.10 Gap=0일 때, 적정 용접 데이터 2(전류-전압신호 및 비드형상)

No.	Gap (mm)	용접기 세팅		모니터링		속도 cpm	돌출길이 (mm)	각장 (하/상)	덧살	각목 (mm)	용착면적
		전류	전압	전류	전압						
1	0	240	32	288	31	50	20	5.6/5.7	0.8	4.8	20.02
2	0	220	34	310	34	50	20	5.6/5.9	0.4	4.3	18.69
3	0	210	28	264	28	50	20	5.5/5.5	0.4	4.4	17.2



Fig. 3.11 Gap=0일 때, 적정 용접 데이터 3(전류-전압신호 및 비드형상)

No.	Gap (mm)	용접기 세팅		모니터링		속도 cpm	돌출길이 (mm)	각장 (하/상)	덧살	각목 (mm)	용착면적
		전류	전압	전류	전압						
1	0	170	28	241	28	50	15	4.8/4.5	0.6	4	13.43
2	0	150	30	219	31	50	15	4.5/4.6	0	3.3	10.35



Fig. 3.12 Gap=0일 때, 적정 용접 데이터 4(전류-전압신호 및 비드형상)

No.	Gap (mm)	용접기 세팅		모니터링		속도 cpm	돌출길이 (mm)	각장 (하/상)	덧살	각목 (mm)	용착면적
		전류	전압	전류	전압						
1	1	260	34	321	32	40	20	7.0/7.2	1	7	36.89
2	1	240	33	303	32	35	20	7.0/7.3	0.3	5.1	32.57



Fig. 3.13 Gap=1일 때, 적정 용접 데이터 1(전류-전압신호 및 비드형상)

No.	Gap (mm)	용접기 세팅		모니터링		속도 cpm	몰출길이 (mm)	각장 (하/상)	덧살	각목 (mm)	용착면적
		전류	전압	전류	전압						
1	1	220	30	277	30	40	20	6.2/6.1	0.9	5.3	29.13

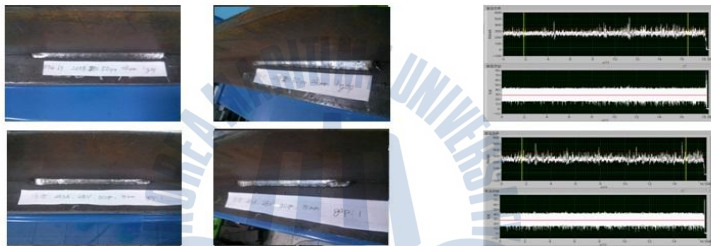
No. 1



Fig. 3.14 Gap=1일 때, 적정 용접 데이터 2(전류-전압신호 및 비드형상)

No.	Gap (mm)	용접기 세팅		모니터링		속도 cpm	몰출길이 (mm)	각장 (하/상)	덧살	각목 (mm)	용착면적
		전류	전압	전류	전압						
1	1	210	29	269	29	50	20	5.3/5.5	0.3	4.1	21.10
2	1	180	28	253	28	50	15	4.9/5.0	0.2	4.9	18.18

No. 1



No. 2

Fig. 3.15 Gap=1일 때, 적정 용접 데이터 3(전류-전압신호 및 비드형상)

No.	Gap (mm)	용접기 세팅		모니터링		속도 cpm	몰출길이 (mm)	각장 (하/상)	덧살	각목 (mm)	용착면적
		전류	전압	전류	전압						
1	2	240	33	303	32	40	20	6.6/7.0	0.5	5.2	36.31
2	2	210	34	269	34	40	20	6.9/6.0	0	4.4	30.7

No. 1



No. 2

Fig. 3.16 Gap=2일 때, 적정 용접 데이터 1(전류-전압신호 및 비드형상)

No.	Gap (mm)	용접기 세팅		모니터링		속도 cpm	물출길이 (mm)	각창 (하/상)	덧살	각목 (mm)	용착면적
		전류	전압	전류	전압						
1	2	230	34	283	33	50	20	5.6/5.1	0	3.8	24.28



Fig. 3.17 Gap=2일 때, 적정 용접 데이터 2(전류-전압신호 및 비드형상)

No.	Gap (mm)	용접기 세팅		모니터링		속도 cpm	물출길이 (mm)	각창 (하/상)	덧살	각목 (mm)	용착면적
		전류	전압	전류	전압						
1	2	210	34	266	34	50	20	4.8/4.5	0	3.1	20.8
2	2	170	30	226	30	50	20	4.2/3.9	0	3.9	18.19



Fig. 3.18 Gap=2일 때, 적정 용접 데이터 3(전류-전압신호 및 비드형상)

No.	Gap (mm)	용접기 세팅		모니터링		속도 cpm	물출길이 (mm)	각창 (하/상)	덧살	각목 (mm)	용착면적
		전류	전압	전류	전압						
1	3	180	30	252	30	30	15	6.4/6.4	0	4.3	35.48



Fig. 3.19 Gap=3일 때, 적정 용접 데이터 1(전류-전압신호 및 비드형상)

No.	Gap (mm)	용접기 세팅		모니터링		속도 cpm	물출길이 (mm)	각창 (하/상)	덧살	각목 (mm)	용착면적
		전류	전압	전류	전압						
1	3	160	28	227	28	30	15	5.8/5.7	0	4.2	31.53



Fig. 3.20 Gap=3일 때, 적정 용접 데이터 2(전류-전압신호 및 비드형상)

No.	Gap (mm)	용접기 세팅		모니터링		속도 cpm	돌출길이 (mm)	각창 (하/상)	덧살	각목 (mm)	용착면적
		전류	전압	전류	전압						
1	3	140	26	201	27	30	15	4.7/4.6	0	3.1	25.81



Fig. 3.21 Gap=3일 때, 적정 용접 데이터 3(전류-전압신호 및 비드형상)

No.	Gap (mm)	용접기 세팅		모니터링		속도 cpm	돌출길이 (mm)	각창 (하/상)	덧살	각목 (mm)	용착면적
		전류	전압	전류	전압						
1	4	160	25	220	25	25	15	5.4/5.6	0.2	4	36.16



Fig. 3.22 Gap=4일 때, 적정 용접 데이터 1(전류-전압신호 및 비드형상)

No.	Gap (mm)	용접기 세팅		모니터링		속도 cpm	돌출길이 (mm)	각창 (하/상)	덧살	각목 (mm)	용착면적
		전류	전압	전류	전압						
1	4	190	25	229	24	25	15	-	-	-	-
2	4	150	23	200	24	25	15	-	-	-	-



Fig. 3.23 Gap=4일 때, 비 적정 용접 데이터 2(전류-전압신호 및 비드형상)

마지막 그림 Fig. 3.23은 보는 것과 같이 비 적정 용접 데이터를 표기하였는데, Gap=4에서는 낮은 전류, 전압대가 형성됨으로서 아크가 많이 불안정하고 비드형상 또한 좋지 못하다. Gap=4에서 1Pass로는 한계가 있고 적어도 2Pass 이상이 적용해야 함을 보여준다.

이렇게 많은 용접 실험을 수행하여 분석해 본 결과 Fig. 3.24와 같은 그래프를 얻을 수 있었으며, 이 데이터에 대한 회귀 분석 결과는 식 (10)과 (11)에서와

같이 시그모이드 함수를 사용하여 최소 용접전류와 용접전압 및 최대 용접전류와 용접전압의 상관관계를 구할 수 있었다. Fig. 3.25은 용접전류와 와이어 들출길이, 용착속도 실험데이터의 회귀분석을 통해 구한 함수를 그래프로 나타낸 것이다.

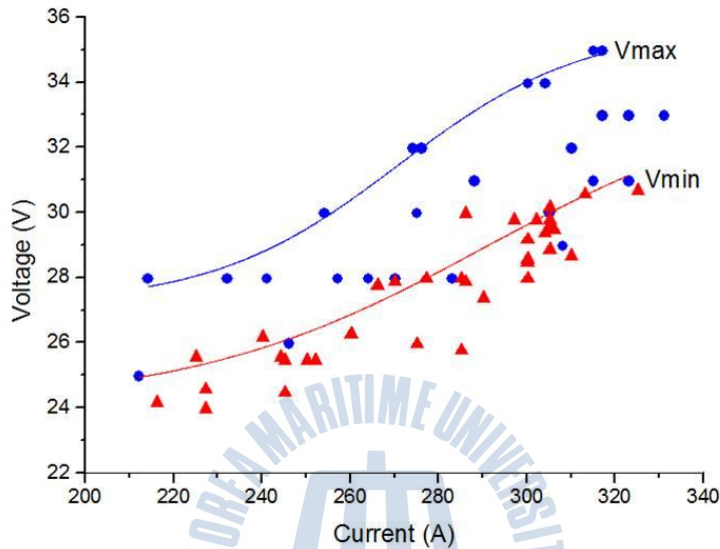


Fig. 3.24 최대, 최소의 용접전류와 전압

$$V_{\max} = \frac{27.43 - 35.12}{1 + 2^{(I - 267.4)/18}} + 35.12 \quad (10)$$

$$V_{\min} = \frac{25.3 - 34.79}{1 + 2^{(I - 302.4)/25.081}} + 34.19 \quad (11)$$

지금까지 수행한 실험의 결과는 최적의 용접 변수간의 상관관계를 구한 것이며, 각 용접 조건에 각장과 용착면적을 정리하고, 이 데이터를 통해 용접속도를 구할 수 있다.

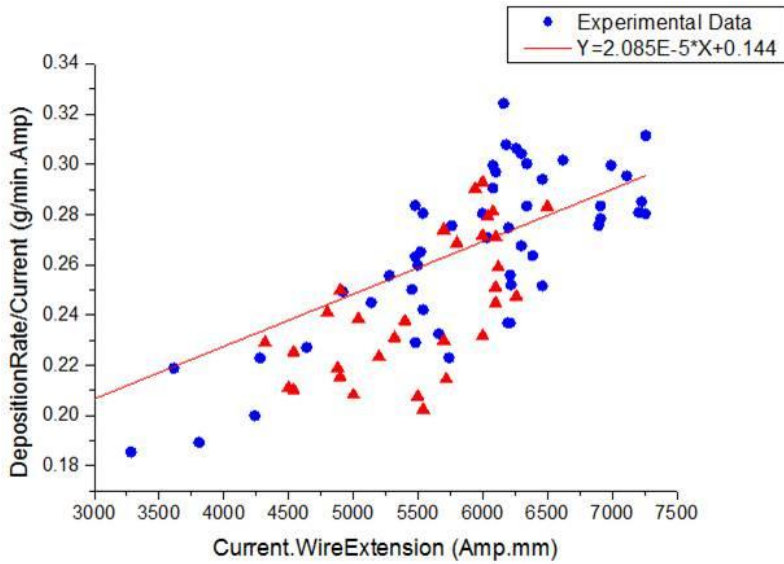


Fig. 3.25 전류, 와이어 돌출길이와 용착속도의 상관관계

$$V_D = c_1 \cdot I^2 \cdot l_{ext} + c_2 \cdot I \quad (g/min) \quad (1)$$

$$\frac{V_D}{I} = c_1 \cdot I \cdot l_{ext} + c_2 \quad (g/min \cdot A) \quad (2)$$

여기서, $c_1 = 0.144$

$$c_2 = 2.085 \cdot 10^{-5}$$

3.3 적정조건 및 실험결과 제시 DB프로그램

마지막으로 실험결과를 토대로 Visual Studio tool을 활용해 기존의 구축되었던 시스템 DB를 수정하고 업데이트 하였다. 그리고 이는 Fig 3.26, Fig 3.27에서 보는 것과 같이 Fillet과 Skewed의 조건에서 최적 용접조건을 제시하고, 70개의 용접조건 실험 데이터를 확인할 수 있게 프로그램화 하였다.

간단하게 사용법을 설명하자면 다음과 같다.

1. Joint 에서 Fillet 클릭

Leg Length, Wire Extension, Gap 의 옵션에 따라 Calculation 아이콘을 클

릭 시 이에 상응되는 용접조건 값 제시.

2. Joint 에서 Skewed 클릭

Vertical Inclination, Skewed Angle, Gap, Leg Length, Wire Extension 의 옵션에 따라 Calculation 아이콘을 클릭 시 이에 상응되는 용접조건 값 제시.

3. Database 클릭

70가지의 용접변수에 따른 DB를 확인할 수 있고, 용접조건 및 결과에서 셀을 클릭 시 비드사진과 상세데이터, 전류/전압신호를 확인 가능.

4. Exit 클릭 시 종료.

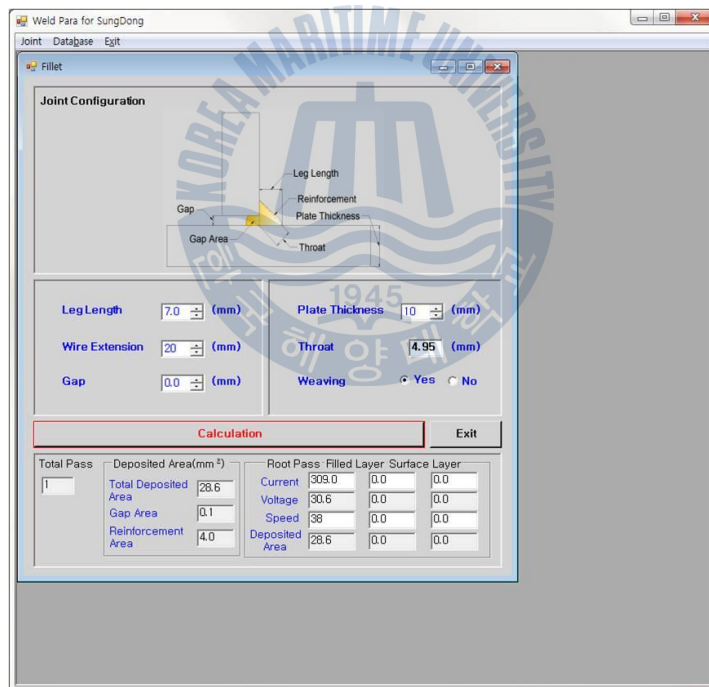


Fig. 3.26 Fillet-최적용접 조건 제시

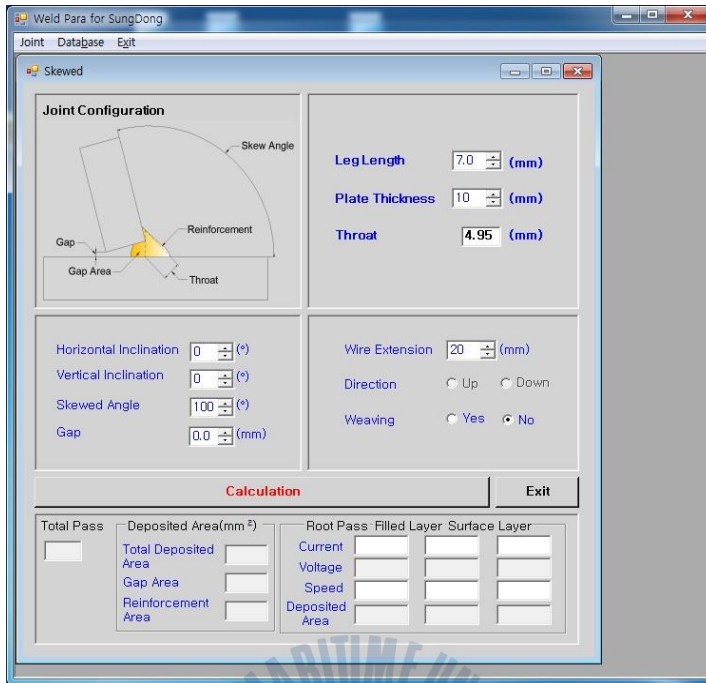


Fig. 3.27 Skewed-최적용접 조건 제시

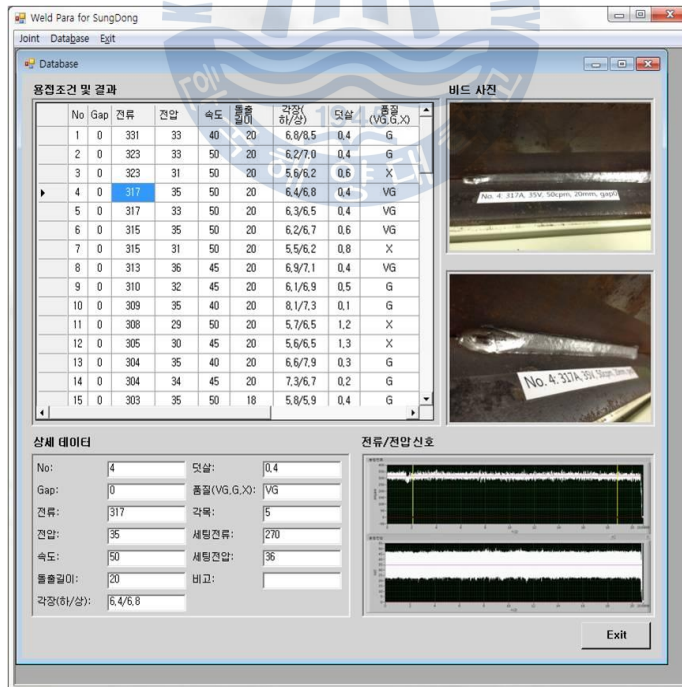


Fig. 3.28 용접조건 및 결과-상세 데이터 확인 1

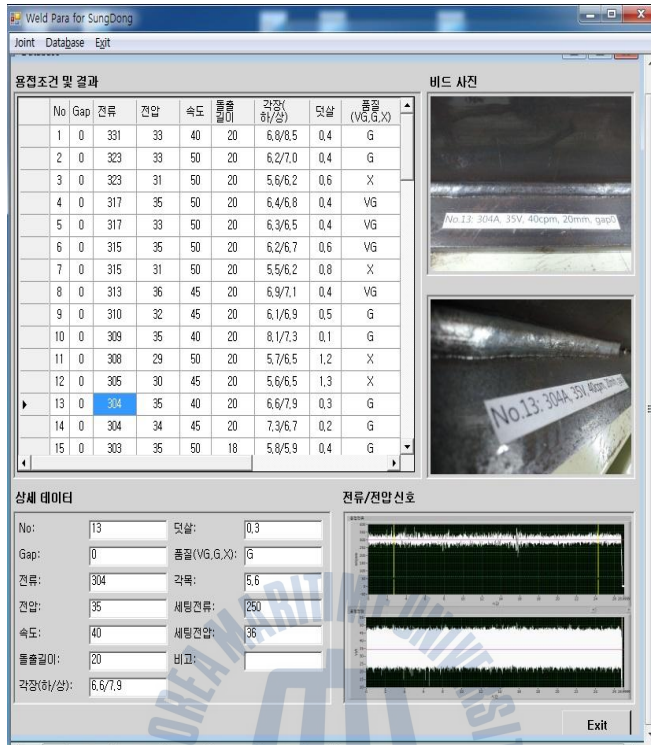


Fig. 3.29 용접조건 및 결과-상세 데이터 확인 2

제 4장 결론

본 논문에서는 실험을 통해 각 Gap에 따라 요구각장을 만족하는 것을 기준으로 다음 Table 1은 위에서 언급 했듯이, 좋은 품질의 용접 비드형상과 아크 안정성을 동반한 최적의 적정조건으로 추천했던 용접전류와 전압의 범위를 정리한 것이다. 실험의 결과 값만 확인하자면, Gap에 따른 용접전류, 전압 범위의 일관성이 떨어지는 것은 사실이다. 이는 다소 부족한 실험조건과 작업환경(작업 공간, 청결상태, 온도, 습도, 바람 등)에 의한 영향 또한 크다는 것을 알 수 있다.

Table 1 실험결과에 의한 Gap에 따른 용접전류, 전압 범위

	전류(A)	전압(V)
Gap = 0	218~323A	28~36V
Gap = 1	253~321A	28~32V
Gap = 2	226~303A	30~34V
Gap = 3	201~252A	27~30V
Gap = 4	220A	25V

그리고 실험결과를 토대로 Leg Length, Wire Extension, Gap의 옵션에 따라 최적 용접조건을 제시하고, 비드사진과 상세데이터 그리고 용접전류, 전압 신호 등의 실험 데이터를 확인할 수 있는 프로그램을 만들 수 있었다.

무엇보다도 이론적으로 이해하기 어려운 용접 변수간의 상관관계를 짧은 기간이었지만 실험을 통해 이해할 수 있었고, 수평필렛용접에서 최적의 용접조건을 구할 수 있었다. 또 이를 통해 얻은 용접조건은 현장에서 전자동 및 로봇용접 장치의 필렛용접에 적용시킬 수 있어 용접자동화와 품질의 향상이 기대된다.

이번 연구에서 아쉬운 점이 있다면 프로젝트를 진행하면서 용접기의 설치와 테스트 부분에 많은 시간이 소비되고 진행이 늦어져, 본 실험을 단기간에 하느라 쉽지 않았다.

추 후에는 시간적 여유를 더 갖고 실험범위를 1F, 3F자세 용접 그리고 2Pass이상의 용접조건과 Skewed일 때, 마지막으로 Weaving 조건을 고려하는 등의 다양한 범위의 용접실험을 진행하였으면 좋겠다. 또 이에 따른 시스템 DB 구축 프로그램의 업그레이드가 필요하다.

참고문헌

[1] 박주용, “용접생산공학” GS인터비전. 2010.

[2] 안대호, “선체 곡블록 필렛 용접의 적정 용접 조건 설정 프로그램에 관한 연구”, 한국해양대학교 대학원 선박공학과, 2000, pp12-13

[3] 메탈넷코리아 월간 용접저널, “인터뷰인터뷰: 특수강종에 적합한 용접기술 확보 및 고능률 용접법 개발 필요” [Online] Avarilable at:

<http://www.welder.or.kr/Report/SpecialReport2013/201304offshore-Weld/Interview/Sungdong.html>

[4] 메탈넷코리아 월간 용접저널, “기획특집: 용접산업이 조선.해양플랜트 산업에 미치는 영향은?” [Online] Avarilable at:

<http://www.welder.or.kr/Report/SpecialReport2011/shipwelding201102/shipwelding201102.html>

[5] 메탈넷코리아 월간 용접저널, “인터뷰: 용접 자동화 활성화, 한국에 ‘제2 조선붐’ 일으킬 것” [Online] Avarilable at:

<http://www.welder.or.kr/Report/SpecialReport2011/shipwelding201102/Interview/Chosun.html>

[5] Weldingmall, 용접관련통합자료실 [Online] Avarilable at:

http://weldingmall.kr/mall/m_view.php?ps_db=commu_tot&ps_boid=30&ps_page=10&ps_sele=&ps_ques