# 수중용접시 용접부의 공동형성 기술 개발

해사기술연구소 이 병 훈
김 응 준

## 1. 서 론

최근 수중용접에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이것은 해양개발에 관한 관심의 고조와 70, 80년대에 설치되었던 해양구조물의 노후에 따른 보수용접의 증가에 기인하는 것으로 판단된다. 수중용접은 크게 나누어 건식법과 습식법의 두가지 방식으로 개발되어 왔다. 건식법은 용접부 전체가 내압 chamber 내에 들어가 물을 완전히 배제시킨 상태에서 용접을 수행하며 습식법은 용접부가 물에 노출되어진 상태에서 용접을 수행하게 된다. 따라서 건식법은 지상에서와 같은 건전한 용접부를 얻을 수 있으나 응급처치성, 경제성, 작업성이 떨어지고 습식법은 응급처치성, 경제성, 작업성에 있어 건식법에 비해 우수하나 용접성이 떨어지는 단점을 갖고 있어 이를 극복하고자 하는 연구가 활발히 진행되고 있다.

습식법을 이용한 수중용접에는 용접부 주위에 특별히 공동을 만들지 않고 용접 (피복 아크용접) 하는 방법과 공동을 만들어서 행하는 용접 ($CO_2$, MIG 용접) 으로 나뉜다. 용접부 주위에 공동을 형성시키는 방법으로는 아크와 용접부를 감싸는 유체벽을 통해 점성이 높은 유체를 높은 압력으로 배출시키면서 동시에 고압의 보호가스를 불어 넣어 높은 내부압력을 유지시키므로써 공동을 유지시키고 용접을 행하게 된다. 이러한 방법은 일본에서 최초로 연구되었고 실용화되어 평판용접 등에 적용되었으나 필렛용접과 같이 토치와 모재간의 거리가 토치원주를 따라 변하게 되는 경우 토치와 필렛 보서리에서 거리가 최대로 증가하므로써 이곳에서는 충분한 공동이 유지되기 어려운 단점을 갖고 있었다.

지금까지 공동유지와 관련한 주요 변수인자로는 유체 유출속도, 유체 유출각도, 쉴드 개스유량, 용접물체와 토치와의 거리가 채택되었으나 본 연구에서는 유체벽의 두께를 증가시키므로써 유체의 모멘텀을 증가시키고 이에 따라 유체벽의 동적 압력이 증가되어 외부수압에 대해 충분한 차폐 효과를 얻게 하므로써 맞대기 용접부에서 용이한 국부 공동 유지확보와 필렛 용접부에서의 모서리부에서도 국부 공동의 유지가 관찰되었다. 본 실험에서는 유체벽을 형성시키는 유체로 주위에서 흔히 구할 수 있는 해수나 담수를 이용한다.

## 2. 실 험

용접부 근방의 공동 형성을 관찰하기 위해 투명 아크릴판을 이용 토오치의 2차원 및 3차원 모델을 제작, 유체벽을 형성시키고 압축공기를 불어 넣어 용접토치부 근방의 공동형성 조건을 조사하였다. 이때 물유출 속도, 물유출 각도, 개스유량, 토오치와 용접 물체와의 거리, 유출구 두께등 각각 변화시키고 아래보기, 수평자세 및 맞대기용접, 필렛용접 형상에 대해 공동형성의 조건을 조사하였다.

## 3. 실험결과 및 고찰

용접중의 국부공동 형성에 미치는 주요변수는 다음 그림2에서와 같이 물유출 각도 ($\theta$), 물유출 속도 ($V_w$), 쉴드 개스유량 ($Q_g$), 모재와의 거리 (H) 와 본 실험에서 제안하고 있는 물유출구 두께 (d)와 밀접히 관련된다.

물유출구를 통해 수중으로 방출되는 물에 의해 형성되는 물커튼은 외부 물에 대한 차폐벽의 효과를 발휘하며 물커튼 내부에 불어 넣어지는 쉴딩개스의 압력에 의해 커튼 내부의 물이 외부로 뿜어 나가게 되어 국부공동이 만들어진다. 차폐벽이 완벽하게 유지될 때 공동의 유지는 물커튼에 의한 차폐벽을 사이에 두고 차폐벽내의 내부압력과 토치가 놓여 있는 일정수심의 정수압과 압력균형의 유지가 직접적으로 영향을 미친다. 또한 차폐벽의 유체의 흐름이 외부정수압에 대한 차폐 압력으로 작용하게 되는데 물흐름 즉 물의 질량과 속도의 곱인 운동량이 유출구를 떠나면서 외부물과의 충돌에 의해 속도의 저감으로 인해 발생하는 힘이 압력으로 나타나기 때문이다. 속도의 저감 즉 운동량의 변화 $m\frac{dv}{dt}$ 는 $ma = F$ 힘으로 나타나며 이것은 물커튼이 지나가는 수직면의 단위 면적당 압력으로 표시되게 된다. 따라서 국부공동에서 압력인자는 물커튼, 쉴딩개스, 일정수심에서의 정수압이 있으며 이 세요소에 의해 공동형성 여부가 판가름 되어진다. 다음 사진1은 2차원 모델토치에서 평판 필렛 아래보기 수평자세의 각각에 대해 물커튼 사용 유무에 따라 공동유지 여부를 나타내는 사진이며 사진2는 3차원 모델토치에서 평판 수평자세에 대한 공동유지의 차이를 보여주고 있다. 그림3은 아래보기 수평자세에서의 맞대기 용접부에서 국부공동 형성의 조건을 도표로 나타낸것으로서 모재 토치간의 거리가 5mm 일때 물유출구의 두께가 두꺼워질수록 안정적인 공동의 유지가 가능한 것을 나타내고있다.

그러나 물유출구의 두께가 커지면 커질수록 토치의 지름을 증가시켜 필렛용접의 경우 토치가 필렛부에 들어가는 깊이를 제한하므로써 필렛부에서 토치와 모재의 거리를 증가시키고토치-모재 거리의 증가는 아크의 불안정으로 인한 용접결함을 야기시키므로 오히려 공동의 형성을 어렵게 하는 결과를 초래한다.

따라서 적정한 토치직경의 선정이 필요하게 되며 차후 이에 대한 종합적인 검토가 요청된다.

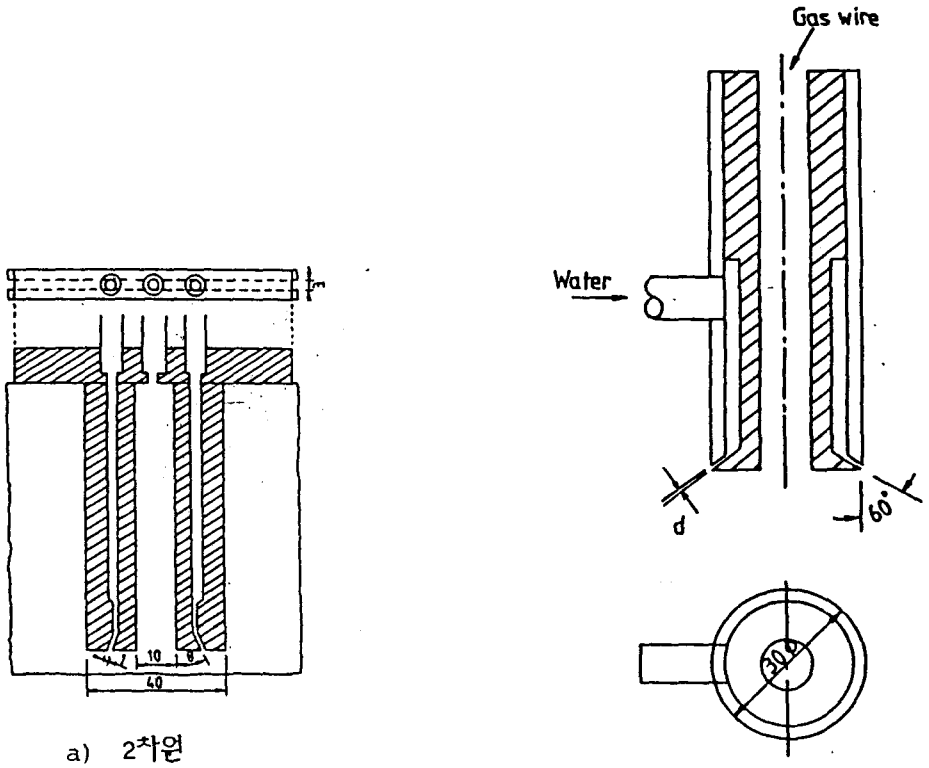
## 4. 결 론

1. 용접 와이어를 이용하는 자동, 반자동 수중용접시 수중에서 토치주변의 공동형성에 관해 아크릴로 가공한 2차원, 3차원 모델토치를 사용하여 물유출 속도, 물유출 각도, 압축공기량, 토치-모재 사이의 거리와 물유출구 두께의 변화를 통해 국부공동의 유지조건을 조사하였다.

2. 물유출 각도가 60° 일때 물유출구 두께가 두꺼워질수록 수중에서 용접부 근방의 국부공동이 안정적으로 형성되었다.

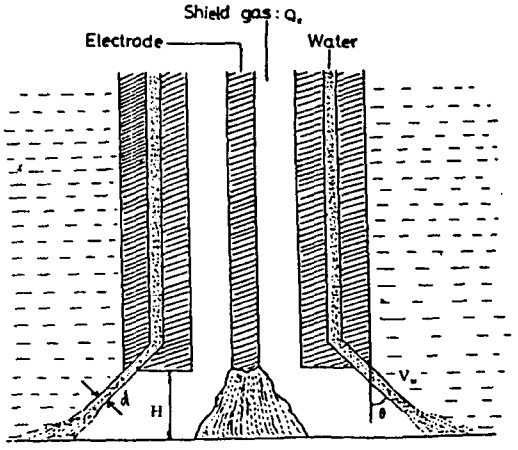
3. 공동형성의 난이도는 수평자세가 아래보기 자세보다 어렵고 3차원 모델 토치에서는 맞대기 용접부가 필렛용접부보다 공동형성이 쉽다.

4. 물유출구 두께를 크게하므로써 고가의 쉴딩개스나 압축공기량을 감소시키므로써 경제성 있는 작업이 가능함을 확인하였다.



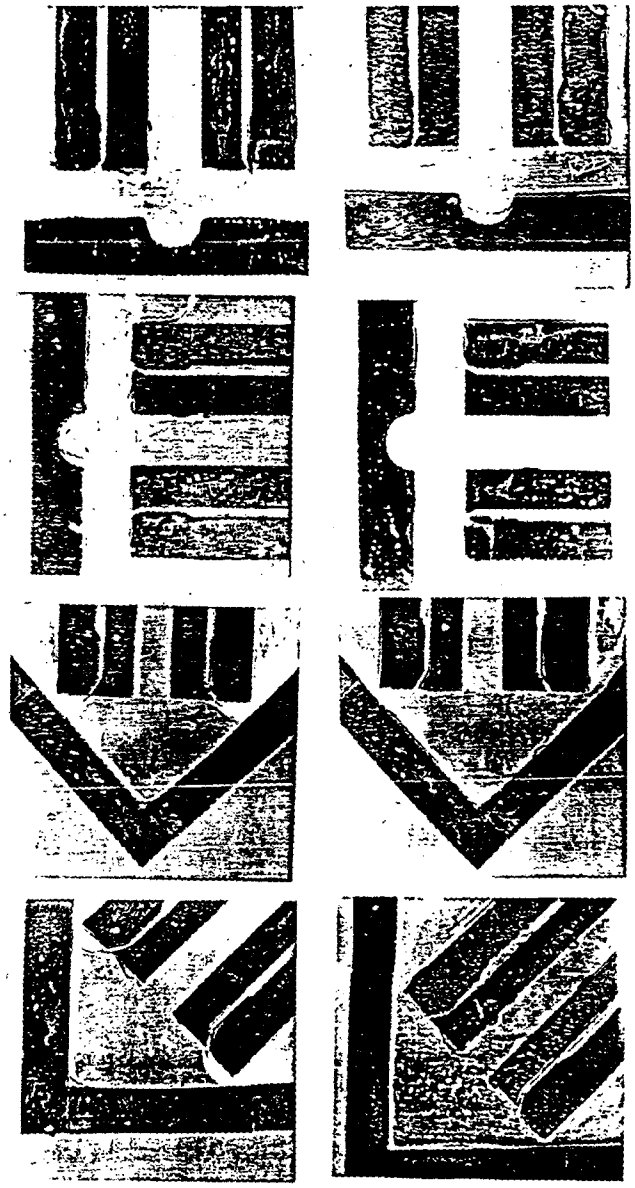

a) 2차원 b) 3차원

그림1. 아크릴 모형 토치의 모식도




a) 물유출 각도
b) 실드개스 유량 Qg
c) 물유출 속도 Vw
d) 모재와의 속도 H
e) 유출구 두께 d

그림2. 국부공동 형성에 미치는 주요인자



a) flat, butt

b) horizontal, butt

c) flat, fillet

d) honzontal, fillet

사진1. 2차원 모델 토치에서 물켜튼 유무에 따른 국부 공동 형성 현상

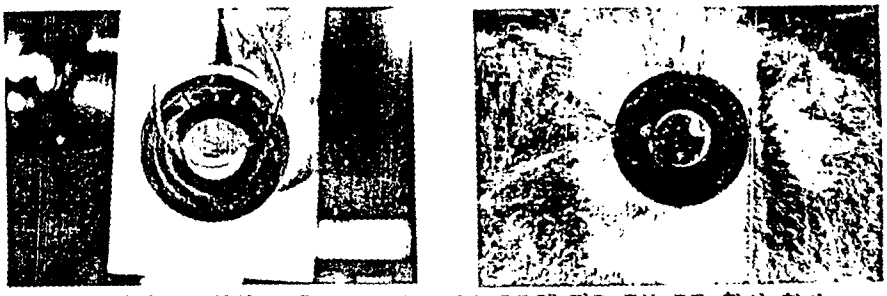
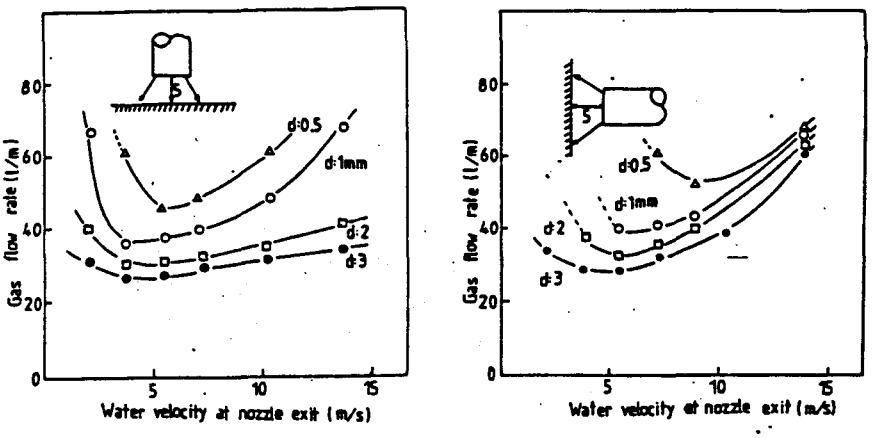


사진2. 3차원 모델 토치에서 물켜튼 유무에 따른 국부 공동 형성 현상




a) 아래보기 자세　　b) 수평자세

그림3. 아래보기 수평자세에서 공동형성 조건에 미치는 물켜튼 유출구 두께의 영향